

令和2年度－令和4年度

文部科学省

国際原子力人材育成イニシアティブ事業

未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム [ANEC]

原子炉及び大型実験施設等を活用した持続
的な原子力人材育成拠点の構築

－大学研究炉を中心とした

原子力教育拠点の形成－

成果報告書

令和6年3月

実施機関 学校法人 近畿大学

参画機関 国立大学法人 京都大学
国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学
学校法人 東海大学
学校法人 五島育英会 東京都市大学

目 次

1. 事業の概要	1
1.1. 背景	1
1.2. 目的	1
2. 事業計画.....	2
2.1. 全体計画	2
2.2. 令和 2-4 年度の計画及び業務の実施方法	9
2.3. 体制	11
3. 令和 2-4 年度の成果	11
3.1. 原子炉実習「基礎コース」	11
3.2. 原子炉実習「中級コース」	18
3.3. 原子炉実習「上級コース」	21
3.4. 実習教科書の整備	25
3.5. 高専生のための原子力実習	27
3.6. 廃棄物計測・信頼性工学実習.....	32
3.7. 発電炉シミュレータ実習.....	36
3.8. 慶熙大学校原子炉実習	38
3.9. IAEA 原子力安全基準研修.....	40
3.10. 原子力業界探求セミナー	45
4. 結言.....	48

1. 事業の概要

1.1. 背景

原子力を専攻する学生が最低限学修すべき講義や実習の中で、原子炉を利用した学生実習は原子力分野特有の経験であり、座学で得た知識を実践して血肉化する現場として不可欠である。しかし国内で教育に供される原子炉のほとんどが廃止または運転停止中となり、特に大学が運用する原子炉は、近畿大学と京都大学が保有する三基の原子炉のみとなっている。中でも、近畿大学原子炉（UTR-KINKI）と京都大学臨界集合体（KUCA）は、従来から教育利用の面で特に大きな役割を担っており、これまで国内外の多くの大学の実習教育に活用されてきた。

しかしながら、両大学の原子炉はともに運転開始から数十年を経て高経年化が進んでいること、福島第一原子力発電所事故後に厳格化された規制要求による負担が年々増大していることなどから、教育利用の機会が縮小しつつあるのが現状である。そのためこれらの原子炉を効率的かつ有効に活用する取り組みが求められるが、これまで両大学の原子炉を連携させて効率的に運用する枠組は存在せず、それぞれが独自に実習コンテンツを開発、提供し、実習内容も必ずしも整理（棲み分け）がなされていなかった。また、これらの原子炉を利用する大学も、それぞれ独自の経緯でどちらか、または両方の原子炉を利用しており、教育ニーズに合わせて各原子炉の特長を有効に活用することは行われていなかった。したがって、各原子炉の特長を生かした実習コンテンツを体系的に整備・強化し、利用する大学の教育ニーズに合わせて利用を整理することで、貴重な原子力教育リソースである両大学原子炉の教育利用を一層有効かつ効率的に行うことが可能となると考えられる。

さらに、UTR-KINKI と KUCA を教育・研究の両面で活用している大学は、各原子炉を中心に強力なユーザーコミュニティを形成している。これらの大学は、現在も多様な原子力教育リソース（講義、実習、実験施設、国際研鑽の場）を維持、保有している。多くの大学で原子力専門学科が廃止され、原子力基礎教育が希薄化し、原子力関連分野の教員が分散・減少しているため、単独の大学で一貫した原子力専門教育を行うことができる大学は減少しているが、これらの大学が特長ある教育リソースを相互に提供し、教育機能を補い合えば、原子炉の活用と合わせて各大学の原子力専門教育機能の強化に資すると考えられる。

1.2. 目的

本事業では、国内に残された貴重な原子力教育リソースである UTR-KINKI と KUCA を利用した実習を体系的に再構築・強化して利用者に提供する。また、両原子炉を利用する大学が持つ原子力教育リソースを相互に提供し合って教育機能を補い合い、原子力専門教育の強化と原子力産業界及び原子力アカデミアへの人材供給を目的とした教育拠点を形成する。

図 1 に本事業のコンセプト図を示す。

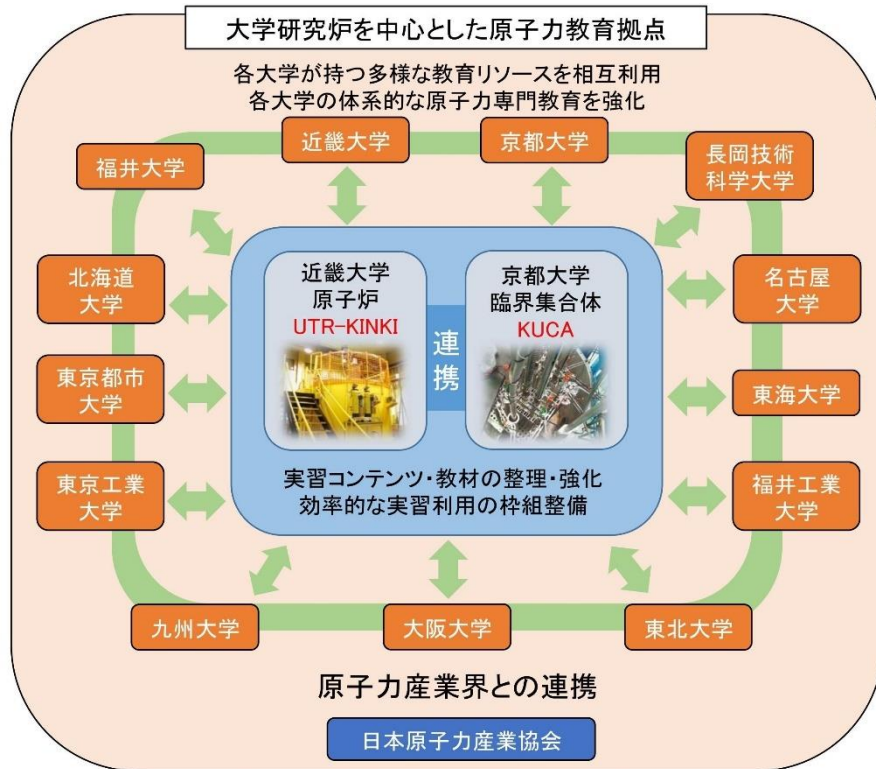


図 1.1 本事業のコンセプト図

本報告書では、令和 2 年度から令和 4 年度に実施した内容およびその成果をまとめた。

2. 事業計画

2.1. 全体計画

本事業では、原子力を志望する学部生・大学院生を主な対象とし、二段階の人材育成体制を構築する。第一段階では、原子力工学の基礎的な知識と技能を幅広く身に付け、原子力産業界の基盤人材となる原子力ジェネラリストを育成しする。第二段階では、基礎を身に付けた上で自らの専門分野を持ち、優れた技術力と深い学識を兼ね備えた人材（エース）となる原子力スペシャリストを育成する。また、参画機関がもつ国際的なネットワークを活用し、国際研鑽機会となるプログラムを提供し、学生のリーダーシップと国際コミュニケーション能力を養成するとともに、原子力産業界との連携によってインターンシップ等の情報を紹介し、学生に実務体験の機会を提供する。図 2 に本コンソーシアムにおける人材育成のスキームを示す。

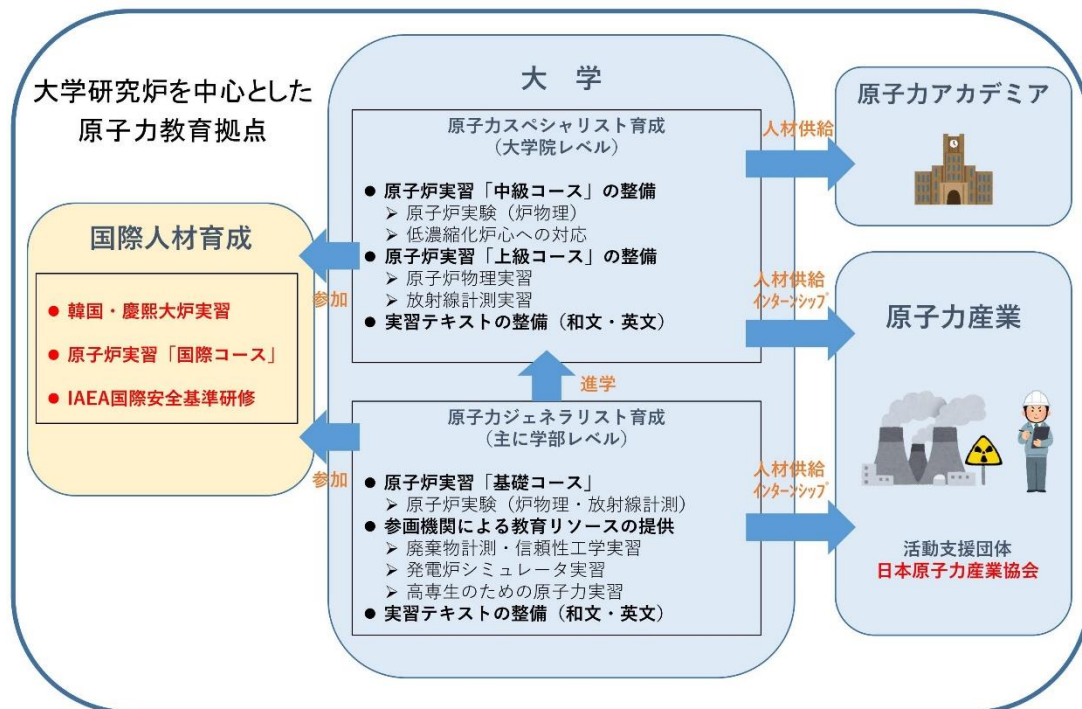


図 2.1 本事業における人材育成のスキーム図

本事業で提供するプログラムは次のとおりである。

(1) 原子炉実習

本事業では、UTR-KINKI と KUCA の連携により、原子炉を用いた実習を「基礎コース」、「中級コース」、「上級コース」として再編する。また、これらの実習プログラムで用いる教科書を体系的に整備する。

① 基礎コース

主に原子力を専攻する学部学生を対象として、UTR-KINKI を用いた原子炉実習「基礎コース」を整備し、原子力ジェネラリスト育成のために活用する。このコースでは、原子炉物理、放射線計測の基礎的な項目に関する実習を通じて、座学で得た知識を実物の原子炉施設で実践して理解を深めるとともに、原子力施設における運転管理や放射線管理の実務、規制・法令を有機的に理解させる。また、原子力技術の面白さを体験し、原子力技術への関心を高め、原子力分野への進学・就職意欲を確かなものとする。

これまでに近畿大学が提供してきた原子炉実習プログラムを「基礎コース」の実習プログラムとして提供し、参加大学からのニーズに応じて新たな実習プログラムを開発・追加する。

- **保安教育：**原子炉施設の利用に係る法令要求と注意事項（放射線管理と核セキュリティを含む）について講義する。また、施設の見学により、UTR-KINKI の構造と特性を理解させる。
- **原子炉運転実習：**学生自ら原子炉を運転し、原子炉の起動から出力上昇、臨界、出力変更、自動運転、原子炉停止までの一連の操作を体験することを通じて、自ら行った操作に対する原子炉の応答、挙動を実感しながら運転管理の基礎を理解する。

- **制御棒校正**：炉周期法及び落下法により制御棒価値の測定を行い、原子炉の反応度制御について理解する。
- **臨界近接**：未臨界の炉心に1体ずつ燃料集合体を追加し、逆増倍率測定によって臨界質量を求める（燃料集合体を追加する代わりに、制御棒を徐々に引き抜く方法で実施する場合もある）。
- **原子炉内中性子束分布測定**：金箔等の標的物質を原子炉内に設置し、放射化法によって原子炉内の中性子束分布を調べる。得られた分布を原子炉物理の観点から考察する。
- **空間線量率測定**：保安規定に基づき、原子炉運転中の空間線量率（ γ 線・中性子）を所定の位置で測定・記録するとともに、放射線管理に用いるサーベイメータ等の取り扱いを学ぶ。
- **漏洩 γ 線測定**：高純度 Ge 半導体検出器を用いて、原子炉からの漏洩 γ 線スペクトルを測定し、 γ 線源核種の同定を行う。
- **放射化と半減期測定**：原子炉内でアルミ箔に中性子を照射し、生成した Al-28 の半減期を GM 計数管で測定する。
- **中性子ラジオグラフィ**：参加学生が準備した被写体を X 線及び中性子線で撮影し、これらの透視画像から放射線と物質の相互作用について考察する。

実習期間は1回の実習につき1日～3日とし、実習項目は各大学のカリキュラムや学生の履修状況に応じて選択する。

② 中級コース

学部で原子炉物理や放射線計測を専門とせず大学院に進学した原子力系の大学院生を主な対象として、UTR-KINKIを用いた2泊3日の「中級コース」を整備する。

KUCAで行われている国内の原子力系の大学院生を対象にした全国大学院院生実験をベースとして、これに参加している大学とともに開発し、原子炉の仕組みや、臨界の理解、原子炉内における中性子の時間挙動への平易な理解を目標に、次のような実習項目を用意する。

- **臨界近接実験**：核燃料の追加による臨界調整ではなく、制御棒を徐々に引き抜く方法によって臨界状態を達成し、臨界という現象の理解を促す。
- **制御棒校正実験**：中性子の時間応答を監視することで得られる反応度（余剰反応度及び制御棒価値）を測定し、原子炉の時間変化の理解を促す。
- **原子炉運転実習**：制御棒操作によって、臨界、未臨界及び超臨界の状態を直接体感し、併せて、原子炉の臨界調整から炉心内の中性子の挙動を直接確かめることを体験する。

2泊3日コースにより、基幹分野を専門としない多くの大学院生の参加が見込まれる。実習参加にあたっては、実験への理解を促すため、実験参加に先立って「原子炉物理実験：京大出版会2010年発行」に記載されている事前レポートの提出を求める。また、実験に向けた事前講義を各大学の若手教員が中心になって行うことで、授業スタイルの多様化やカリキュラムの改定などに柔軟に対応することを心掛ける。

③ 上級コース

原子炉物理と放射線計測を専門とする大学院生を対象として、UTR-KINKI と KUCA を用いた原子炉実習「上級コース」を整備し、原子力スペシャリスト育成のために活用する。このコース

では、原子炉物理と放射線計測に関する高度かつ専門的な内容を含んだ実習を通じて、十分な基礎知識に基づいた上で、より挑戦的な課題に対処可能な高度な専門的知識の習得を目指し、自分自身で課題を抽出し主体的に解決できる能力を持った人材の育成を目指す。

令和2～4年度の本事業では、当該年度において臨界実験が可能な国内実験施設 UTR-KINKI を主な対象として、以下に挙げる実習プログラムを開発し、継続的に改良を行う。

- **保安教育**：基礎コースと同様に、原子炉施設の利用に係る法令要求と注意事項について講義する。また、施設の見学により、UTR-KINKI の構造と特性を理解させる。
- **臨界近接**：未臨界の UTR-KINKI 炉心において、制御棒を徐々に引き抜くことで、逆増倍率測定によって臨界となる制御棒位置を求める。さらに、限られた実験時間を有効利用するため、臨界近接実験で得られた測定データの再利用方法について検討する。
- **制御棒校正**：炉周期法、補償法、落下法だけでなく、臨界近接実験時に測定されたデータを再利用した中性子源増倍法の結果も組み合わせることで、制御棒反応度価値曲線を求める。
- **未臨界度測定法**：UTR-KINKI において実施可能な、ソースジャーク法、および炉雑音解析手法 (Feynman- α 法) により、未臨界度を測定する。
- **原子炉運転実習**：各上級コース実験のテーマについて、学生皆で議論した計画を達成できるように、原子炉の起動から出力上昇、臨界、出力変更、反応度調整、原子炉停止までの一連の操作を、学生自らの手で行う。この運転実習を通じて、各炉物理実験で要求される原子炉運転、運転時の原子炉挙動に関する専門的知識を深める。

実習期間は1回の実習につき4日とし、実習項目は、参加する各大学院生の理解度や、前年度の実施結果を踏まえて、継続的に改良する。

④ 実習教科書の整備

これまで UTR-KINKI で用いられてきた実習資料 (原理、実験手順、データシート等の教育資料を含む) に新たな記述を加えて、事業期間中に「基礎コース」の実習教科書として出版する。また、国際実習プログラムにも対応できるよう、英語版の教科書も作成する。

KUCA の全国大学院院生実験 (1975 年から開講) で使用する実習教科書は、和文及び英文それぞれについて 2010 年に京大出版会から出版されており、これを「中級コース」の実習教科書として使用する予定である。しかしながら、KUCA で使われている核燃料 (高濃縮ウラン燃料) は、数年以内に米国へ返送され、事業期間中に新たな核燃料である低濃縮ウラン燃料が導入される予定である。したがって、新たに導入が予定されている低濃縮ウラン燃料を用いた原子炉物理実験において、低濃縮ウラン燃料用の実習教科書の作成は喫緊の課題となっている。そこで、低濃縮ウラン燃料が導入されるまでの期間に、原子炉物理を専門とする全国の大学教員から構成されるワーキンググループを設置し、人材育成事業のカリキュラムにおいて必要とされる炉物理定数の確定と実験内容の再構築を行い、実習教科書の改訂を進める。

(2) 教育リソースの活用

① 廃棄物計測・信頼性工学実習

東京都市大学では廃止措置中の研究炉 MITRR に比較的容易にアクセスできる環境にあるため、それを活用した、原子力施設の廃止措置の際に重要となる、放射性廃棄物計測実習を実施する。

放射性廃棄物の取り扱い及び処分方法に関しては、様々な教科書が存在しているものの、実際に廃棄物の放射線計測などを行うためには、放射線計測に関する知識が重要となる。そこで、MITRR 原子炉室において検出器によって廃棄物を測定することにより、廃棄物の定量方法などの知見の習得を目指す。また、併せて見学会などを実施し、研究施設における廃棄物の取り扱いに関する知識を深める。なお、これら廃棄物の安全な取扱いは、リスクや安全に関する知見がベースとして存在している。そのため、リスク・安全などの考え方の基礎となる信頼性工学の基礎実習を実施する。

② 発電炉シミュレータ実習

原子力発電所で異常・事故が発生した場合の原子力発電炉の挙動と対応策を理解するため、東海大学が所有するグラフィカルな原子力発電炉シミュレータ SARS を用いて実習を行う。本実習は2日間のプログラムとする。本実習プログラムは「高専生のための原子力実習」でも利用する。

(実習プログラム)

講義1：原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能

講義2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能

講義3：発電炉の事故例と対応

実習1：SARS の操作習熟

実習2：PWR の事故解析と解析結果の考察

実習3：BWR の事故解析と解析結果の考察

③ 高専生のための原子力実習

原子力技術に関心を持つ高専生を対象として、UTR-KINKI を用いた基礎的な原子炉物理・放射線計測に関する実習と、東海大学の原子力発電炉シミュレータ SARS を用いた原子力発電炉の異常・事故時の挙動と対応策を理解する実習を行う。

実習は1週間（月曜日から金曜日まで5日間）のプログラムとし、前半の3日間に近畿大学で実習に参加し、後半の2日間に東海大学で実習に参加する。実習プログラムは、近畿大学が提供する原子炉実習「基礎コース」の中から選択した基礎的な実習項目と、東海大学が提供する「発電炉シミュレータ実習」を組み合わせた内容とする。

(近畿大学における実習プログラム)

- 保安教育
- 原子炉運転実習
- 臨界近接
- 放射化と半減期測定
- 空間線量率測定
- 中性子ラジオグラフィ

実習プログラムに関連する講義を必要に応じて提供する。

(東海大学における実習プログラム)

- 講義1：原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能
- 講義2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能

- 講義 3：発電炉の事故例と対応
- 実習 1：SARS の操作習熟
- 実習 2：PWR の事故解析と解析結果の考察
- 実習 3：BWR の事故解析と解析結果の考察

(3) 産業界との連携

日本原子力産業協会の支援を得て、原子力関連企業と学生が交流するための行事として「原子力業界探求セミナー」を開催する。開催形式は、全国から学生が参加できるようオンライン形式とする。開催頻度は年 1 回とし、時期は冬季インターンシップ開催前の 11 月頃とする。

早い段階から学生が原子力関連企業で働く技術者や研究者と接し、具体的な業務内容や研究内容を知る機会とするほか、学生に原子力企業でのインターンシップへの参加を促し、大学で得る知識や技術、経験がどのように将来の実務につながるのかを意識させ、学修意欲を高める。このような取り組みを通じて、学生が進路として原子力関連企業への就職（もしくは原子力関連分野への進学）を選択するよう促す。

(4) 国際人材育成

① 慶熙大学校原子炉実習

韓国・慶熙大学校原子炉センターが保有する原子炉施設（AGN-201K）を活用して、基礎的な原子炉物理実験、放射線計測実験に関する実習を 3 泊 4 日の合宿形式で実施する。実習に参加する学生は、主に原子炉実習「基礎コース」に参加した学生の中から意欲ある学生を選抜する。実習内容は次のとおりである。

- **保安教育**：原子炉施設の利用に係る法令要求と注意事項について学ぶ。また、施設の見学により、AGN-201K の構造と特性を理解する。
- **原子炉運転**：原子炉の出力変更運転を学生自ら行い、自ら行った操作に対する原子炉の応答、挙動を理解する。また、異なる出力で臨界にした原子炉の制御棒位置
- **臨界近接**：未臨界の炉心に正の反応度を持つ制御棒を少しずつ挿入し、増倍度測定によって臨界質量を求める。
- **原子炉内中性子束分布測定**：金線を原子炉内に設置し、放射化法によって原子炉内の中性子束分布を調べる。得られた分布を原子炉物理の観点から考察する。
- **温度係数と反射体効果の測定**：炉心の温度変化の前後、反射体（水、黒鉛）の交換の前後における臨界時制御棒位置の変化から、原子炉の温度係数と反射体効果を調べる。
- **プレゼンテーションとディスカッション**：実験データの分析結果を英語のプレゼンテーションとしてまとめて発表する。また、発表内容について英語で議論する。

指導は、原子炉センターのスタッフが主として行い、日本からの引率教員が補助する。また、ティーチング・アシスタントとして指導を補助する韓国人学生との共同作業や議論を通じて交流を深める。使用言語は全て英語とし、各実習の後に実験で得られたデータを英語のスライド資料にまとめ、英語でプレゼンテーションしてスタッフ・学生と英語で議論する時間を設ける。海外の原子炉施設において英語でコミュニケーションを取りながら外国人の講師・学生と作業に取り組み議論する経験は、将来の原子力技術者として国際的視野を養う上で貴重な経験となるものと

期待する。

② 原子炉実習「国際コース」

KUCA では、2003 年から海外（主に韓国及び中国）向けの原子力人材育成事業の一環として、アジア炉物理実験（Reactor Physics Asia Experiment Program: RPHA-XP）を展開し、英語による講義及び配布資料の提供、英文テキスト（Nuclear Reactor Physics Experiments, Kyoto University Press, 2010）の配布などを通して、全国大学院院生実験の「国際コース」として運営してきた。本事業では、これまでの RPHA-XP を「国際コース」に改め、原子炉物理を専門とする韓国及び中国の大学院生に加えて、国内の同分野を専門とする大学院生も参加するプログラムを新たに開発する。

講義及び実験の運営は引き続き英語で行われるが、文部科学省が推進するアクティブ・ラーニングを積極的に取り入れ、メンバーシップ・トレーニングを目的としたグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワークに重点を置いたカリキュラムに変更する。特に、国内の学生のリーダーシップ・トレーニングを念頭に置いた実験の運営を心掛ける。また、若手教員の研鑽の場として、若手教員が英語で講義する機会を提供する。

「国際コース」は3泊4日コースとし、以下のようなカリキュラムを用意する。

- 臨界近接実験：核燃料の増加による臨界調整ではなく、制御棒を徐々に引き抜く方法によって臨界状態を達成する。
- 制御棒校正実験：中性子の時間応答を監視することで得られる反応度（余剰反応度及び制御棒価値）を測定し、原子炉の時間変化の理解を促す。
- 反応率分布測定実験：金線を用いた炉内の反応率分布の測定結果を提供し、実験結果の物理的意味や考察を重点的に議論する。
- 原子炉運転実習：原子炉の制御棒操作によって、臨界、未臨界及び超臨界の状態を直接体感し、併せて、原子炉の臨界調整から炉心内の中性子の挙動を直接確かめることを体験する。
- ラップアップ実習（リーダーシップ・トレーニング）：グループ・ディスカッション及びグループ・ワークに基づいて実験結果を整理し、参加メンバーの中で指名された学生リーダーが全体の議論をリードする。英語による論点の集約や議論のまとめ方についてのリーダーシップ・トレーニングを行うが、その際、若手教員がディベートやディスカッションに参加し、補助的役割を担うようにする。

③ IAEA 原子力安全基準研修

文部科学省の国際原子力人材育成イニシアティブ事業「原子力国際基準等を基盤とした多層的な国際人材育成（平成25～27年度）」の中でIAEAと本学の共同による本研修が開始された。当事業終了後も、本学はIAEAと協力して本研修を継続し、平成20年度にはIAEAとの間で「原子力安全教育分野における実施協定」も締結している。本研修は、令和2年度から再び国際原子力人材育成イニシアティブ事業の中に組み込まれている。本研修では、IAEAによる原子力安全基準を中心に学ぶ講義をIAEAの専門家が講義し、参加者(大学生・大学院生・社会人)は質疑・討論を、学内対面とオンライン併用で行う。実習は4日間のプログラムとする。研修はIAEAから10テーマ程度、国内から2テーマ程度の講義と質疑応答で構成される。（研修プログラムは表3.9-1, 2, 3を参照。）

2.2. 令和 2-4 年度の計画及び業務の実施方法

(1) 原子炉実習「基礎コース」

令和 2 年度は、名古屋大学、福井大学、九州大学、東京都市大学、東海大学の学生を対象として 5 回の実習を行う。令和 3 年度以降は、大阪大学、東京大学、東京都立大学、福井工業大学の学生を対象に加えて、年 9 回の実習を行う。

COVID-19 の感染拡大により実習の開催が困難となった場合は、令和元年度採択事業で整備した原子炉遠隔実習システムを活用し、オンライン実習として開催する。

(2) 原子炉実習「中級コース」

令和 2 年 12 月から京都大学臨界集合体 (KUCA) の運転が停止され、令和 3 年度以降の利用が不確実な状況となった。そのため、令和 3 年度以降の実習について、東北大学、長岡技術科学大学および九州大学の大学院生を対象に 2 回の実習を、KUCA において天然ウランの未臨界体系を用いて行う。令和 4 年度以降は、KUCA での未臨界体系を用いた実習に加えて UTR-KINKI での臨界実験を行う。KUCA では東北大学、長岡技術科学大学、大阪大学および九州大学の大学院生を対象に 2 回の実習、UTR-KINKI では東北大学、長岡技術科学大学、東京工業大学、福井大学および九州大学の大学院生を対象に 2 回の実習を行う。

(3) 原子炉実習「上級コース」

令和 2 年度は、令和 3 年度以降の上級コース実験開催に向けた、専門的な原子炉物理・放射線計測実験プログラムの開発にあたって、調査、事前検討、実習プログラムの準備などを行う。

令和 3 年度以降は、北海道大学、東海大学、名古屋大学、京都大学、福井大学などの大学院生を対象として、年 1 回の上級コース実習を行う。ここで、上級コース実習当日に臨むにあたって、実験に参加する他大学の学生一同が受講し、十分な知識を習得することができるよう、双方向型の遠隔講義形式による事前講義・演習カリキュラムを構築する。

(4) 原子炉実習教科書の整備

令和 2 年度は、UTR-KINKI 用の実習教科書の執筆準備として、教科書の構成と内容、執筆者と役割分担を決定し、執筆にとりかかる。令和 3 年度前半までに原稿を完成させて出版社に提出した後、校正等の作業を行い、令和 3 年度末までに出版する。

令和 4 年度には、出版した教科書を英語化し、英文教科書として出版する。

(5) 廃棄物計測・信頼性工学実習

信頼性工学の基礎実習と、廃棄物計測実習を提供するための準備として、令和 2 年度はテキスト及び実習に用いる機器の一部整備を行い、さらに、東京都市大学において廃止措置中の研究炉 MITRR を使った実習の試行を一部オンラインで実施する。

令和 3 年度及び 4 年度は、信頼性工学実習と廃棄物計測実習及び研究所廃棄物見学会を 2 回/年の頻度で実施する。参加学生の理解の促進を図るため、1 日目に信頼性工学を実施し、2 日目に見学会、3 日目に廃棄物計測実習となるスケジュールを原則として実施する。なお、見学会はバ

スにて JAEA 大洗の廃棄物施設見学会を実施する。

(6) 発電炉シミュレータ実習

令和 2 年度フィージビリティ・スタディで本実習を準備・試行し、令和 3 年度から開始する。本実習を令和 3・4 年度に 1 回ずつ夏休暇中（8 月下旬-9 月上旬）に東海大学湘南キャンパスにて行う。大学生・大学院生・社会人から参加者 10 名を募集する。なお、COVID-19 感染拡大の影響により実習開催が困難となった場合には、オンライン形式で行う。

(7) 高専生のための原子力実習

本実習は、令和 2 年度のフィージビリティ・スタディの結果、令和 3 年度から本事業に導入されて ANEC の下で開催することになった。そのため、本実習は令和 3 年度から開始する。

実習は、令和 3・4 年度に 1 回ずつ、高専生の夏休み期間に合わせて 8 月下旬に近畿大学原子力研究所および東海大学湘南キャンパスにて開催する。参加者は高専機構を通じて募集する。なお、COVID-19 感染拡大の影響により実習開催が困難となった場合は、オンライン形式で開催する。

(8) 原子力業界探求セミナー

日本原子力産業協会の支援を得て、原子力関連企業の技術者・研究者が学生と交流するための行事として原子力業界探求セミナーをオンラインで開催する。またセミナーを通じて、参画機関へのインターンシップ情報等を提供し、学生に原子力分野への進路選択を促す。セミナーは年 1 回、11 月頃に開催する。

(9) 慶熙大学校原子炉実習

慶熙大学校が保有する教育用原子炉（AGN-201K）を使った国際色豊かな原子炉実習を年 1 回開催する。使用言語は英語とし、原子炉物理・中性子計測に関する基礎的な実習を通じて国際コミュニケーション能力を養成する。但し、COVID-19 感染拡大に伴い渡航が困難な場合は実施しない。

(10) 原子炉実習「国際コース」

原子炉物理を専攻する海外の大学院生及び国内大学の若手教員・大学院生を対象として、KUCA を使った原子炉物理実習を開催する。使用言語は英語とし、原子炉物理に関する基礎的な知識と実験技術を習得するとともに、国際コミュニケーション能力を養成する。

本実習は令和 3 年度から開始し、海外からの主な参加者である韓国・中国の学生と日本人学生が参加しやすい時期として夏季に開催する。令和 4 年度については、海外からの主な参加者である韓国・中国の学生と日本人学生を対象に冬季に開催する。

(11) IAEA 原子力安全基準研修

国際原子力機関 IAEA による原子力安全基準を中心に学ぶ研修を東海大学高輪キャンパスにて対面およびオンライン併用で行う。本研修を全て英語にて行う。参加者対象は大学院生・学生・

高専生に加えて一般・社会人とし、国内外からオンライン参加も認める。学生・院生・高専生はオンラインによる参加を標準とするが、希望者は対面でも参加する。COVID-19 感染拡大による影響で学内対面にて実施が困難な場合には、オンラインのみで実施する。

2.3. 体制

本事業の実施体制を図 2.3-1 に示す。本事業は、近畿大学の取りまとめの下、各人材育成プログラムを主催する大学が事業参画機関と連携しながら事業を進める。令和3年度の ANEC 発足後は、図中の実験・実習関連プログラムは ANEC の「実験・実習グループ会議（取りまとめ：近畿大学）」、国際関係プログラムは「国際グループ会議（取りまとめ：東京工業大学）」、産学連携プログラムは「産学連携グループ会議（取りまとめ：福井大学）」にもそれぞれ参画して活動する。また、近畿大学と京都大学は、ANEC の企画運営会議に参加し、ANEC における議論や活動方針を他の参画機関に連絡・共有する。

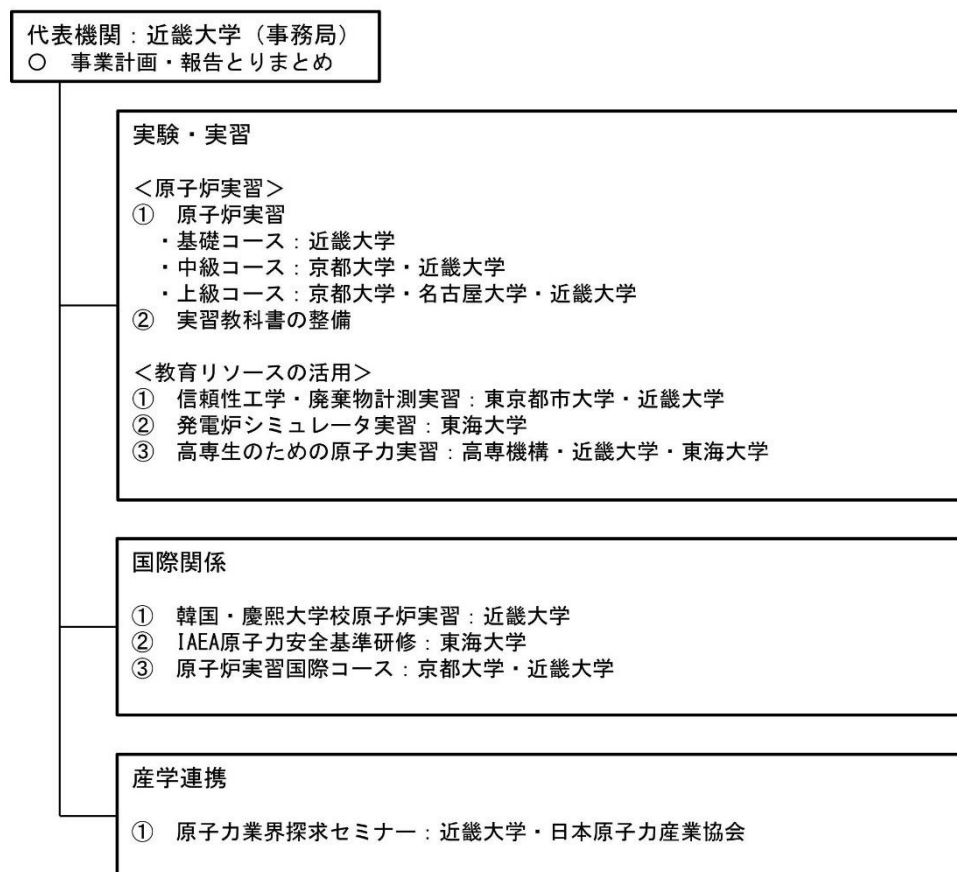


図 2.3-1 本事業の実施体制図

3. 令和2-4年度の成果

3.1. 原子炉実習「基礎コース」

令和元年度末から始まった COVID-19 の感染拡大を受け、令和2年度から緊急事態宣言やまん延防止措置の発令による外出自粛等の感染防止措置が取られることとなり、大学における教育活

動も大きく制限される状況となった。しかしながら、令和元年度採択事業で整備した原子炉遠隔実習システムを活用することができたため、計画していた実習を速やかにオンライン実習に切り替えて実施することができた。その結果、1回も実習を中止することなく、計画したすべての実習を実施することができたのは誠に幸いであった。

令和2年度は5回の実習を開催し、そのうち2回をオンライン実習として開催した。令和3年度からはコンソーシアム ANEC の発足に伴い、それまで別の枠組みで実習を行っていた4大学が本事業の下で実習を行うことになり、計9回の実習を開催したが、そのうち4回は COVID-19 感染拡大の影響を受けてオンライン実習として開催した。令和4年度も COVID-19 感染拡大の影響が続いたが、マスク着用等の感染対策を行った上ですべての実習を対面で実施することができた。表 3.1-1 に「基礎コース」の開催日と参加人数を示す。

実習項目は、以下の項目から参加学生の履修状況等を考慮して選択し、1日～2泊3日のスケジュールの中で組み合わせて実習を開催した。

- ・ 保安教育
- ・ 原子炉施設の見学*
- ・ 原子炉運転実習* (起動前点検、起動操作、出力変更操作、定格出力運転、停止操作)
- ・ 臨界近接*
- ・ 制御棒校正*
- ・ 原子炉内中性子束分布測定
- ・ 放射化と半減期測定*
- ・ 中性子ラジオグラフィ*
- ・ 空間線量率測定*
- ・ 漏洩 γ 線測定
- ・ BF₃ カウンタによる中性子測定

* オンライン実習でも実施した項目

「BF₃ カウンタによる中性子測定」は、東京都立大学からの参加者が主に医療系の学生であったため、中性子測定に重点を置いたプログラムとする中で新たに実習プログラムとして追加したものである。

対面で開催した実習では、近畿大学の原子炉施設をフル活用した実習となり、原子炉物理や放射線計測に関する基本的な実験だけでなく、保安教育や原子炉運転を通じて運転管理や放射線管理に関する実践的教育を行うことができた。

実習後に行ったアンケートの結果によると、実習や講義の難易度は適当であり、多くの参加学生がこれまでに学習した原子力・放射線分野の知識を理解し、さらに学習していく上で実習内容が有益であったと考えていることが分かった。また、令和4年度には実習の前後でアンケートを行い、実習内容の理解度についての調査を始めたところ、すべての項目で実習後に理解が進んだと考えていることが分かった(表 3.1-2)。原子力・放射線分野への進学・就職意欲についても実習前後で評価したところ、意欲が高まったことが分かった(表 3.1-3)。また、実習参加に対する満足度も高く(表 3.1-4)、参加者からの感想には、制御棒を操作して原子炉を自ら運転したことへの素直な感動とともに、これまでに座学で学んだ原子炉物理や放射線計測の知識を原子炉施設の現場で実践したり確認したりできたことへの満足度が高く、実習を通じて基礎知識の必

要性・重要性を実感したことなどが述べられており、当初の期待通りの成果を得ることができた（表 3.1-5）。

表 3.1-1 原子炉実習「基礎コース」の開催日と参加人数

年度	回	実施日	大学	参加者数		
				学部生	大学院生	合計
令和2年度	1*	8月27日～28日	九州大学	6	1	7
	2*	9月15日	東京都市大学	8	1	9
	3	10月3日～4日	福井大学	15	1	16
	4	10月10日～11日	名古屋大学	3	-	3
	5	12月2日～4日	東海大学	17	-	17
	令和2年度 合計				49	3
令和3年度	1	6月28～29日	名古屋大学	14	2	16
	2	7月19～21日	福井大学	2	4	6
	3*	8月26日	東京都市大学	3	-	3
	4*	9月16日	福井工業大学	21	-	21
	5*	9月17日	大阪大学	4	3	7
	6*	9月21～22日	九州大学	10	5	15
	7	9月29～30日	東京都立大学	8	4	12
	8	11月8日	東京大学	-	5	5
	9	12月1～3日	東海大学	12	3	15
	令和3年度 合計				74	26
令和4年度	1	6月20～21日	名古屋大学	16	2	18
	2	7月20～22日	福井大学	13	3	16
	3	8月26日	大阪大学	5	-	5
	4	9月5日	東京大学	-	3	3
	5	9月7～9日	福井工業大学	21	-	21
	6	9月15～16日	東京都市大学	23	-	23
	7	9月20～21日	九州大学	13	2	15
	8	9月27～28日	東京都立大学	9	4**	13
	9	11月30～12月2日	東海大学	11	2	13
	令和4年度 合計				111	16
合計				234	45	279

* 原子炉遠隔実習システムを用いたオンライン実習。

** 研究生1名を含む。

表 3.1-2 令和 4 年度に実施した実習前後の理解度の評価結果

1：ほとんど知識がない、2：用語を知っている程度、3：理解している部分もあるが分からない部分もかなりある、4：一通り理解している、5：内容を理解し応用することができる

項目	実習前 平均点	実習後 平均点	増減
原子炉の構成要素とその役割について	2.6	3.7	+1.0
原子炉の運転操作について	1.6	3.6	+2.0
原子炉の臨界について	2.5	3.9	+1.3
即発中性子と遅発中性子について	2.5	3.7	+1.2
制御棒校正について	2.4	3.8	+1.4
放射化法による中性子測定について	2.2	3.4	+1.3
放射化と半減期測定について	3.5	3.7	+0.2
原子炉内の中性子束分布について	2.4	3.4	+0.9
Ge 半導体検出器による γ 線スペクトル測定について	2.4	3.3	+0.9
GM 計数管の取り扱いについて	3.0	3.7	+0.7
原子炉運転中の空間線量率測定について	2.3	3.6	+1.3
中性子ラジオグラフィについて	2.0	3.8	+1.7
原子炉停止後の出力変化について	2.0	3.5	+1.5
BF3 カウンタによる中性子測定の原理について	2.8	3.8	+1.0
BF3 カウンタによる中性子測定における壁効果について	2.9	3.8	+0.8
中性子測定における減速材の役割について	2.9	4.0	+1.1

表 3.1-3 令和 4 年度に実施した実習前後の原子力分野への進学・就職意欲の評価結果

就職・進学先としての原子力・放射線分野について
1：関心をまったくもっていない、2：あまり関心をもっていない、3：ある程度関心をもっている、
4：関心をもっている、5：非常に関心をもっている

大学	名古屋	福井	大阪	東京	福井 工業	東京 都市	九州	東京 都立	東海	平均
実習前 平均点	2.9	4.3	3.4	3.3	3.6	3.8	3.1	2.9	3.8	3.4
実習後 平均点	3.2	4.4	3.6	4.0	3.9	4.1	3.5	3.0	4.0	3.7
増減	+0.3	+0.1	+0.2	+0.7	+0.3	+0.3	+0.4	+0.1	+0.2	+0.3

表 3.1-4 令和 4 年度に実施した実習の満足度評価

今回の実習の満足度について
1：まったく満足していない、2：あまり満足していない、3：どちらともいえない、
4：概ね満足した、5：満足した

大学	名古屋	福井	大阪	東京	福井 工業	東京 都市	九州	東京 都立	東海	平均
満足度 平均点	4.5	4.7	4.6	4.7	4.6	4.3	4.5	4.7	4.4	4.5

表 3.1-5 実習（対面）参加者の主な感想

原子炉物理学は計算が多く苦手意識があったが実際に原子炉の運転を体験し、考えながら活動する中で曖昧な知識だったことへの理解が深まり、より原子力分野への興味が広がった。学生同士の交流時間も含めて非常に有意義な実習であったと感じている。（R2・福井大）

今回の実習において今まで原子炉について計算、知識として学んできたことをどのように生かし制御するか体験することができたのが、非常に面白かったです。（R2・名古屋大）

TURS の実習では頭の中で理解するしか無かった部分が、実際の制御盤を用いて炉の操作を行うことで実物がどうなっているかを理解出来た。（R2・東海大）

実際に原子炉を見学・操作したことで、勉強したことがあらゆるところに使われていることが分かり、原子炉に対する理解が深まった。（R3・名古屋大）

<p>今回の原子炉実習に参加したことで、原子炉を運転するという貴重な体験をすることができました。原子炉を運転する際には、インターロックなどの機械的な制御や、数値を確認、記録するという人間側の安全確認を組み合わせて、事故を起こさないよう、安全対策を徹底しているという印象を受けました。私も原子力業界に就職したいと考えているため、今回の実習全体を通して非常に良い機会となりました。(R3・名古屋大)</p>
<p>理論と実験の違いを体験できてとても面白かった。低出力の方が臨界が難しいことがわかった。計測機器や理論、実験のやり方についての勉強不足を感じた(これからもっと勉強します)。(R3・福井大)</p>
<p>今まで原子炉物理学の研究を行ってききましたが、今回の実習を通して理論と実験とで大きく差異があることがわかりました。大変勉強になりました。(R3・福井大)</p>
<p>今回の実習を通じて原子力という分野が非常に横断的であることを実感できたと同時に自分の知識不足も痛感した。今後は今回の実習を踏まえてより自分の知識を確かなものにして原子力分野への理解を深めていきたいと感じた。(R3・東海大)</p>
<p>座学より実践するとより深く学べ、原子力への勉強のモチベーションになりました。インターンにも参加するのに躊躇していたが、実演すると学びが変わるんだと感じました。(R3・東海大)</p>
<p>今まで培った知識をフル活動させて実習を取り組む内容となり、とても趣深い内容でした。(R3・東海大)</p>
<p>実際に原子炉を運転するという貴重な体験ができてとてもよかった。実際に制御棒を動かして臨界状態にする過程を体験できて、今まで曖昧だった原子炉に関する知識がしっかりイメージできるようになった。(R3・東京都立大)</p>
<p>大学の授業で原子炉について触れたことはあったが、今回の実習で専門の先生により詳しく教えていただき、原子炉物理学に興味を持った。また、座学だけでなく、原子炉見学や運転、実験などを実際に行うことで、より理解を深めることができた。原子炉をより身近に感じ、また、自分の今後の視野が広がった貴重な機会であった。(R3・東京都立大)</p>
<p>原子炉を操作するという貴重な体験ができ、最も印象に残っています。原子炉実習で学んだことは医療現場でも行かせる場面が多いので、今後も放射線計測分野や化学分野の勉強に励んでいきたいと思います。(R3・東京都立大)</p>
<p>本物の原子炉運転を体験出来たことが非常に良い経験となりました。ありがとうございました。(R3・東京大)</p>
<p>原子炉を実際に操作することが新鮮で楽しかった。原子炉について興味が増す貴重な機会となった。(R4・名古屋大)</p>
<p>原子炉分野の研究はシミュレーションばかりで、実際の原子炉を扱うことが出来なかったのが、今回の実習を経てとても良い経験になりました。この実習を運営してくださった近大の先生方に感謝の気持ちを伝えたいです。ありがとうございました。(R4・名古屋大)</p>
<p>今まで知識でしか知らなかったことが実際に現物で見れてとても新鮮でした。1番は制御棒の操作が印象に残っています。専門分野がここなのでさらに知識を身につけて今後の研究に励んでいきたいと思えるいい機会でした。(R4・名古屋大)</p>
<p>自分の勉強不足を痛感することができたので、今後より原子力に詳しくなるために勉強を頑張りたいと思いました。今後の自分にとってとても良い経験と議論ができたと感じました。(R4・福井大)</p>
<p>炉物理の理論を自分で運転して実感できたことでイメージが着いた。現実と理論の違いや幾何学的な位置関係など中性子の拡散や原子炉の制御には様々なパラメータが存在し、考慮する必要があることが分かった。(R4・福井大)</p>
<p>普段触れるとこない原子炉を運転することができて非常に良い経験となった。自分の知識不足などもあり、実験の考察などが上手く出来なかった。今後さらに理解を深め、実験などに応用できるようにすべきだと感じた。(R4・福井大)</p>
<p>炉物理をメインにやっていたが実際に原子炉を動かすには回路等他の知識も必要になってくるというのが印象的だった。炉物理も深める必要があるのはもちろん、他の分野も頑張りたいと思った。(R4・大阪大)</p>
<p>実際に原子炉を運転することで、運転の挙動や操作をした後のリアクションの時間感覚や機器を見ながら操作することの難しさを体験できた。普段研究室で扱うのは数値や数式だが、実際の現場ではその数値から様々なことを判断する必要があるため、深い知識が必要であることを再認識した。小さい実験炉であったが、予想していたよりも非常に繊細な作業が必要であることを知った。(R4・大阪大)</p>
<p>教科書上で学んだ測定器や原理を実際に利用することで理解が深まった。原子力エネルギーを安全利用するための工夫を知ることができた。(R4・東京大)</p>
<p>原子炉の具体的な運転方法と制御方法について理解と認識が得られた。一方で中性子とX線の違いを理解しました。(R4・東京大)</p>
<p>原子炉を実際に操作することで、座学では学べないことを体験することができた。原子炉実習をこれからの学習の参考にしていきたい。(R4・福井工業大)</p>
<p>今回の実習では今まで学習してきた原子力の知識を発揮する経験ができました。また、自分達が勉強している内容、これから学ぶ内容が今回の実習経験により具体性を持って学ぶことにありがたみを感じました。(R4・福井工業大)</p>

<p>今回の実習では、稼働中の原子炉の周りでガンマ線と中性子線の測定ができ、貴重な体験になりました。また、制御棒でペリオドを求める実験が実際の操作では微調整が難しく苦戦しましたが、反応度を見ると制御棒を動かした際の遅発中性子の動きを見ることができて感動しました。(R4・福井工業大)</p>
<p>普段授業で座学で学んでいたことを実際に体験できてとてもよかった。実際に原子炉の操作を行ったことがとても印象に残っている。(R4・東京都市大)</p>
<p>今回の実習では原子炉の運転という貴重な体験ができ、とても良い経験になった。特に遅発中性子の原子炉への影響が、実際に制御棒を操作することでより理解が深まった。(R4・東京都市大)</p>
<p>実際に原子炉を運転することは、原子力工学を専攻する学生といえども現在の日本では貴重な経験であり、とても良い経験になった。加えて電力会社にて原子炉の運転を行いたいと夢見るものとしては、この経験はその夢をより強く叶えたいと思うきっかけとなり、いずれ夢が叶った際にはとても良い思い出・経験となる事は間違いないと感じた。(R4・東京都市大)</p>
<p>将来の選択肢の一つとして、原子力、放射線分野を考えるきっかけとなりました。ありがとうございました。(R4・九州大)</p>
<p>原子炉に関する一通りの基礎知識が得られ、とても充実した実習でした。(R4・九州大)</p>
<p>原子炉運転とその原理について理解を深める事が出来た。(R4・東京都立大)</p>
<p>貴重な原子炉の運転を実際に行わせて頂いて、より知識が深まりました。(R4・東京都立大)</p>
<p>自分の操作で臨界が起こっていると思うととても感動した。(R4・東海大)</p>
<p>実際に原子炉を動かすことができ、とても良い機会となった。測定してからデータを整理するのは難しかったがメンバーと協力して良い発表ができたと思う。(R4・東海大)</p>



図 3.1-1 臨界近接実験の実習風景



図 3.1-2 原子炉運転実習



図 3.1-3 空間線量率測定



図 3.1-4 漏洩γ線測定

オンライン実習では、原子炉遠隔実習システムを活用できたことで、COVID-19 感染拡大の影響が続く中でも実習の機会を提供し続けることができた。原子炉遠隔実習システムは、UTR-KINKI の原子炉制御盤から実習に必要な運転パラメータや核計装の信号を取り出し、コンピュータ上に構築した原子炉仮想コンソールに表示させるシステムである。TV 会議システムとして Zoom を利用し、原子炉仮想コンソールの画面を共有することで、実習参加者が遠隔地の教室の

ほか、各自の PC やタブレット端末からも実習に必要な情報を確認できるようにした。また、複数のビデオカメラを駆使した実況映像を交え、原子炉見学や講義を含めた実習指導を行った。実習後に行ったアンケート調査では、現場で実習できなかったことを残念に思う声がある一方で、原子炉仮想コンソールや複数のカメラからの映像を切り替えて見せながら説明した点など、オンラインでも分かりやすかったとの感想も多く、ある程度臨場感のある実習を提供することができたようである。また、オンライン実習に参加することで、やはり本物で実習をしたいとの思いを強くした学生も多かった。

表 3.1-6 実習（オンライン）参加者の主な感想

<p>オンラインでの開催でしたが、複数のカメラを用いて画面切り替えしてスムーズな進行をしてくださったりしてとてもわかりやすかったです。実際に原子炉施設を見れたり臨界近接実験など貴重な体験ができました。（R2・九州大）</p>
<p>オンラインでの実習であったため実際に体験することは不可能ではありましたが、逆に、普段は見ることのできない部分を見たり、実験中にその都度テキストを読んで書き込むなど実験操作に追われていては不可能な作業ができたのでとても勉強になったと思います。様々なことを学びましたが、個人的には臨界近接実験により原子炉が誕生するという内容が印象的でした。今後の学習内容に今回の実習内容を活かすことで理解に役立てていこうと思います。ありがとうございました。（R2・九州大）</p>
<p>オンライン開催という難しい中でも、非常に為になる実習を開いていただきありがとうございました。原子炉を使った実習が初めてであったため今回の臨界近接実験は中々面白く、非常に有意義な時間でした。次の機会があれば実際に現地に赴いて制御盤などを自分の手で操作できればと思いました。（R2・東京都市大）</p>
<p>本物の原子炉が稼働している様子をリアルタイムに見られたことに感動しました。制御操作を自分達の考えに基づいて行ったことも初めての経験で、とても面白かったです。機会があれば現地に行き、身をもって原子炉を体感したいです。（R2・東京都市大）</p>
<p>直接目には出来なかったですが、データを通してわかりやすく説明していただけて良かったです。質問にも答えていただき、ありがとうございました。来年こそは実際に触って実験をしてみたいです。（R3・福井工業大）</p>
<p>事前に学習した遅発中性子の働きが実際にグラフで読み取れて満足した。（R3・福井工業大）</p>
<p>直接実習に行くことが出来なくなってしまったにも関わらず、このようにオンラインで開催していただきありがとうございました。バーチャルコンソールを利用したオンラインならではの内容で非常に分かりやすかったです。（R3・福井工業大）</p>
<p>実際の原子炉がどのように稼働していくのかのイメージがついたのが有益でした。（R3・大阪大）</p>
<p>映し出されている映像も見やすく、オンラインであることに負担を感じませんでした。また、「遅発中性子の効果」、「ラジオグラフィ」についてもとても分かりやすく、参加することが出来て良かったと思いました。（R3・東京都市大）</p>
<p>オンラインでの実習でしたが、先生方の工夫により現地にいるような感覚で実習を受けることができました。とても味わい深かったです。原子力に関する勉強のモチベーションが上がりました。（R3・九州大）</p>
<p>今回の講義、実習にあたり、様々なところ気を配って準備して来られたんだというのが伝わってきました。オンラインでもかなり勉強になりましたし、面白かったので余計に対面で出来なかった事が悔やまれます。近大炉で実習の機会があればぜひ参加したいと思っていますので、その時はまた宜しくお願いします。今回の実習に携わった先生方に改めて感謝申し上げます。ありがとうございました。（R3・九州大）</p>

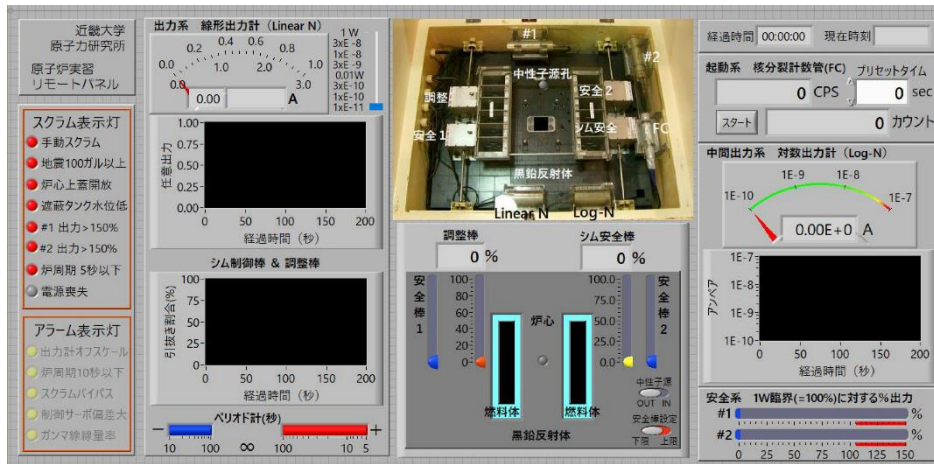


図 3.1-5 原子炉仮想コンソールの画面



図 3.1-6 原子炉見学をオンラインで実施。



図 3.1-7 オンラインで原子炉の運転操作を解説。



図 3.1-8 福井大工業大学の教室からオンライン実習に参加する様子。

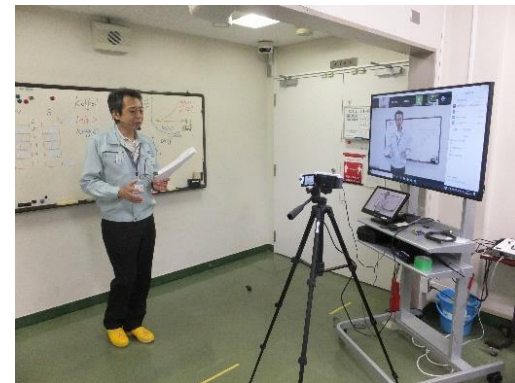


図 3.1-9 実習に伴う講義を原子炉制御室から実施。

3.2. 原子炉実習「中級コース」

令和2年度はKUCAの運転が停止され、緊急事態宣言やまん延防止措置の発令による外出自粛等の感染防止措置が取られることもあり「中級コース」の実習は開催されなかった。令和3年度はKUCAにおける未臨界実験が実施され、令和4年度はKUCAにおける未臨界実験に加えてUTR-KINKIにおいて臨界実験を行うことができた。

表 3.2-1 原子炉実習「中級コース」の開催日と参加人数

年度	回	実施日	大学	参加者数
				大学院生
令和3年度	KUCA			
	1	10月4～6日	東北大学	4
			長岡技術科学大学	4
	2	10月6～8日	九州大学	4
	令和3年度 合計			
令和4年度	KUCA			
	1	7月11～13日	東北大学	4
			長岡技術科学大学	4
	2	7月20日～22日	大阪大学	4
			九州大学	4
	UTR-KINKI			
	1	6月13日～15日	東北大学	3
			東京工業大学	3
	2	6月15日～17日	長岡技術科学大学	3
			福井大学	3
			九州大学	3
令和4年度 合計				31
合計				43

KUCAにおいて天然ウランを用いた未臨界体系において行った実験項目は以下の通りである。

- ・ 保安教育
- ・ KUCA および KUR の見学
- ・ 未臨界体系における中性子増倍
- ・ 反応率分布測定

UTR-KINKIにおける臨界実験での実験項目は以下の通りである。

- ・ 保安教育
- ・ 原子炉施設の見学
- ・ 原子炉運転実習
- ・ 臨界近接
- ・ 制御棒校正

令和3年度における KUCA での実習後のアンケート（表 3.2-2）の結果、「原子炉や放射線に関する理解が深まり、また、中性子の計測方法に触れることができた大変有意義な実習であったことから、未臨界体系による実験であったものの、中性子増倍や反応率に関する実験の効果を確認することができた。また、テクニカルツアーで実施した京都大学研究用原子炉（KUR）の見学を通して、参加者からはチェレンコフ光を実際に見ることができたことが印象的であった。」との感想が述べられ、大型研究施設でしか見られない物理現象を実際に見てもらう良い機会であったことを確認した。令和4年度における KUCA における実習後のアンケートの結果、原子炉および放射線に関する理解が深まり、また、中性子の挙動を観察し、中性子の計測方法に触れることができた大変有意義な実習であったという感想が得られた。未臨界体系による実験であったもの

の、中性子増倍や反応率に関する実験の効果を確認することができた。また、UTR-KINKI での実習後のアンケートでは、実際の原子炉を用いた実習を行うことで実験のイメージが明確になり、座学との対応によって事前講義・当時の講義と併せてわかりやすい内容になっていたこと、実験結果を用いて炉物理パラメータおよび原子炉での中性子の挙動を理解する上で、グループワークや討論会が非常に有意義であり、炉物理全般への理解が大いに深まったとの感想が多くを占めていた。

表 3.2-2 原子炉実習「中級コース」の育成の定量効果（事前、事後のアンケート結果）

2022年（R4年度）「中級コース」アンケート結果（達成度結果）

KUCA

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
放射線		0	1	13	2	0	0	0	9	5	2	3.1	3.6
中性子束		0	3	12	1	0	0	0	7	7	2	2.9	3.7
中性子増倍		0	2	11	3	0	0	0	6	7	3	3.1	3.8
反応率		0	3	12	1	0	0	0	6	7	3	2.9	3.8
臨界および未臨界		0	2	11	3	0	0	0	5	8	3	3.1	3.9
中性子の計測方法		2	4	8	2	0	0	1	5	8	2	2.6	3.7
原子力への興味*		1	3	2	7	3	1	0	3	6	6	3.5	4.0
実験への期待**		0	1	4	4	7	0	0	0	10	6	4.1	4.4

UTR-KINKI

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
中性子束		0	2	9	3	1	0	0	10	5	0	3.2	3.3
中性子の増倍		0	5	6	3	1	0	1	3	8	3	3.0	3.9
臨界および未臨界		0	3	6	6	0	0	0	4	9	2	3.2	3.9
余剰反応度		2	4	7	2	0	0	0	8	5	2	2.6	3.6
制御棒価値		2	5	6	1	1	0	1	6	4	4	2.6	3.7
即発中性子		1	2	7	4	1	0	1	2	6	6	3.1	4.1
遅発中性子		1	2	8	3	1	0	1	4	5	5	3.1	3.9
原子炉の運転操作		8	4	3	0	0	0	1	7	5	2	1.7	3.5
原子力への興味*		0	1	4	3	7	0	1	4	5	5	4.1	3.9
実験への期待**		0	0	0	3	12	0	0	1	3	11	4.8	4.7

1. ほとんど知識がない
2. 用語を知っている程度
3. 理解している部分もあるが、わからない部分もかなりある
4. 一通り理解している
5. 内容を理解し、応用することができる

- * 1. 関心を全く持っていない
2. あまり関心を持っていない
3. ある程度関心を持っている
4. 関心を持っている
5. 非常に関心を持っている

- ** 1. 全く期待（前）/満足（後）していない
2. あまり期待（前）/満足（後）していない
3. どちらでもない
4. 概ね期待（前）/満足（後）した
5. 期待（前）/満足（後）した

3.3. 原子炉実習「上級コース」

令和2年度は、令和3年度以降の上級コース実験の開催に向けて、原子炉物理および放射線計

測実験に関する専門的な実習プログラムの準備を行った。原子炉物理実験については、UTR-KINKI の特色を活かしつつ、限られた時間内で高度な実験を実施できるよう、実習プログラムを試作した。例えば、臨界近接実験の高度化として、臨界近接実験時に測定された中性子計数率のデータを中性子源増倍法や逆動特性法など、他の炉物理実験手法のデータとして再利用する実習プログラム案を検討した。また、UTR-KINKI で実施可能な未臨界度測定の実習プログラムとして、起動用中性子源を利用したソースジャーク法と、ソースジャーク実施前の定常状態における炉雑音測定結果を利用した炉雑音解析手法（Feynman- α 法）のプログラム案を検討した。放射線計測実験については、中性子検出器および信号処理回路系、各種中性子検出器の信号波高分布の計測などに関する実習プログラムを検討し、実習テキスト案を作成した。以上で考案した上級コース実習で必要となる、デジタルマルチチャンネルアナライザを整備した。

令和 3 年度は、令和 2 年度で試作した実習プログラムやテキストに沿って、遠隔講義形式の事前講義（図 3.3-1）を実施した後、UTR-KINKI おける上級コース実習を試行した。COVID-19 影響が懸念されたものの、マスク着用等の感染対策を行うことで対面形式の上級コース実習を実施することができた。4 日間のスケジュールで実施した上級コース実習項目は以下のとおりである。

- ・保安教育、原子炉見学（1 日目午前）
- ・臨界近接（1 日目午後）
- ・制御棒校正：落下法、炉周期法（2 日目）
- ・未臨界度測定：Feynman- α 法、ソースジャーク法（3 日目）
- ・討論会、実験レポート作成（4 日目）

令和 3 年度の上級コース試行結果を通じて、例えば、限られた実験時間内で制御棒反応度価値曲線を求める方法として、臨界近接実験時に測定された中性子計数率を再利用した中性子源増倍法を利用する、といった課題解決型（Problem-Based Learning, PBL）の炉物理実験について検討することができた。また、未臨界度測定として、高度な炉雑音解析手法（Feynman- α 法）の分析法を事前に習得することができるよう、Google Colaboratory を活用した Python プログラム演習教材（図 3.3-2）も開発し、事前講義の演習内容として盛り込むことで、学生の理解を促進させることもできた。一方で、UTR-KINKI で初めて試行した上級コース実習であったこともあり、当日の実習内容として考案した実習プログラム案をできる限り盛り込み過ぎたことで、参加学生の負担が大きく、理解を妨げてしまった点が反省点となった。なお、整備した上級コースの実習プログラムに関する内容および試行結果については、日本原子力学会 2022 年春の年会（2022 年 3 月 18 日の発表番号 3D02～3D04）にてシリーズ発表を行い、参加した大学院生自身が発表する機会（<https://confit.atlas.jp/guide/event/aesj2022s/subject/3D04/advanced>）も設けることで、上級コース実習参加後に理解の深化を促した。

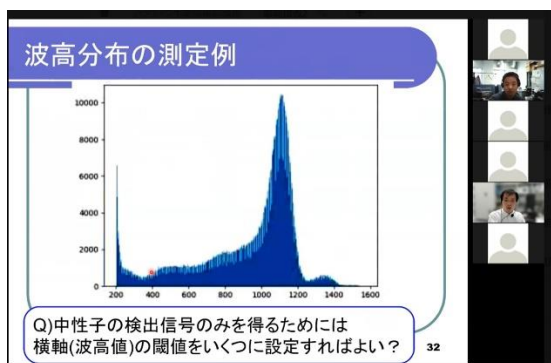


図 3.3-1 遠隔講義形式の事前講義風景

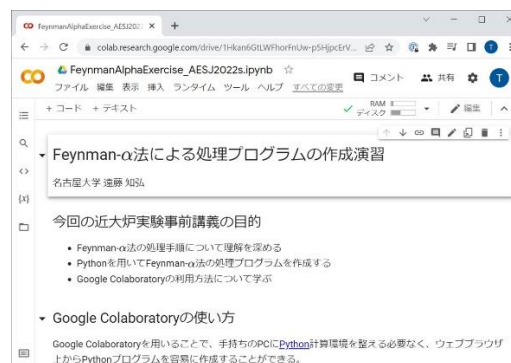


図 3.3-2 Google Colaboratory の活用例

以上で述べた令和 3 年度の試行結果も踏まえて、事前講義内容と実習プログラムを改良した上で、令和 4 年度も事前講義と上級コース実習を実施した。令和 4 年度における UTR-KINKI の特色を活かした新たな試みとして、逆増倍法と原子炉雑音測定（Feynman- α 法）を組み合わせた未臨界度測定の実習プログラムを新たに開発した（図 3.3-3）。本実習プログラムは、東京電力福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出し作業時のような、体系に関する核的情報（例：一点炉動特性パラメータ、外部中性子源強度）が不明な場合でも、炉雑音測定の結果のみから未臨界度を測定する方法が学べるような、課題解決型の炉物理実習プログラムを目指している。ここで、貴重な実習期間を有効活用することができるように、実験終了後の夕方から翌日朝にかけて、本事業で整備したデジタルマルチチャンネルアナライザを用いて、原子炉停止状態の炉雑音測定を行う実習プログラムも新たに考案した。なお、原子炉停止時の状態で炉雑音測定が測定できる理由は、UTR-KINKI で使用されている燃料（ウラン-アルミニウム合金）内において、ウランの α 崩壊により放出された α 線がアルミニウム 27 と (α, n) 反応を起こすことで、核燃料内に微弱な中性子源が内在しているためであり、UTR-KINKI の特色を活かした実習プログラムとなっている。

令和 4 年度についても、遠隔講義形式の事前講義を実施した後、4 日間のスケジュールで上級コース実習を実施した。上級コース実習項目は令和 3 年度とほぼ同様であるが、当日実習における学生の負担を軽減するため、ソースジャーク法による未臨界度測定の内容は無くし、令和 4 年度に新たに開発した Feynman- α 法による未臨界度測定法に重点を置くこととした。

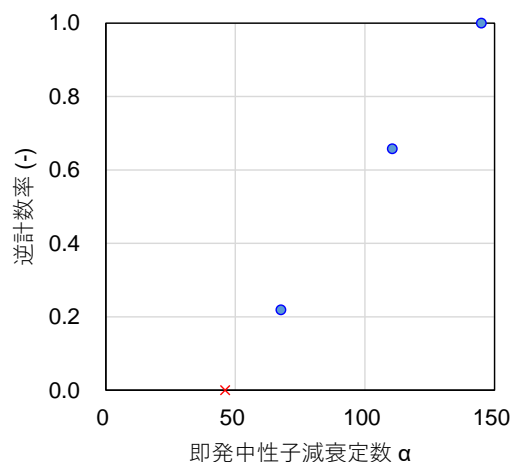


図 3.3-3 逆増倍法と Feynman- α 法を
組み合わせた分析例



図 3.3-4 上級コース実習風景

表 3.3-1 原子炉実習「上級コース」の開催日と参加人数

年度	実施日	大学	参加者数	
			大学院生	
令和3年度	7月6日～9日	北海道大学	5	
		名古屋大学	4	
		京都大学	1	
	令和3年度 合計		10	
令和4年度	7月5日～8日	北海道大学	3	
		東海大学	2	
		名古屋大学	4	
		福井大学	1	
	令和4年度 合計		10	

上級コースの実習前後に実施したアンケート結果(表 3.3-2)より、①未臨界状態の原子炉の振る舞い、②臨界状態及び臨界近傍の原子炉の振る舞い、③原子炉の臨界近接操作、④制御棒反応度値の校正方法、⑤原子炉雑音データの活用、⑥原子炉における中性子の計測及びデータ処理、の全項目について、参加した大学院生の理解度が大きく向上したことを確認できた。

参加した大学院生の感想として、アンケートの自由記載欄より以下の点について確認することができた。

- ・ 遠隔講義形式で実施した事前学習の内容や講義資料が受講生にとって大変役立った。
- ・ 事前講義で十分理解できなかった内容についても、自らの手で実験を行い参加学生間で活発な議論を行うことで理解を深めることができた。
- ・ 検出器位置による測定結果の違いや、複数の実験結果(ペリオド法や補償法、中性子源増倍法など)を組み合わせて積分反応度曲線を求める方法について学ぶことができた。

以上より、本事業で開発した上級コース実習プログラムが、原子炉物理および放射線計測実験の専門的な知識について理解を深める上で非常に有効であり、令和時代の原子力業界を担うスペシャリストの育成に資すると期待している。

表 3.3-2 原子炉実習「上級コース」の育成の定量効果(事前、事後のアンケート結果)

令和3年度

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
未臨界状態の原子炉の振る舞い		0	0	6	4	0	0	0	3	4	3	3.4	4.0
臨界状態及び臨界近傍の原子炉の振る舞い		0	0	5	5	0	0	0	2	4	4	3.5	4.2
原子炉の臨界近接操作		0	0	7	3	0	0	0	3	4	3	3.3	4.0
制御棒反応度価値の校正方法		0	0	5	5	0	0	0	2	4	4	3.5	4.2
種々の未臨界原子炉の未臨界度の測定方法†		0	1	9	0	0	0	0	2	5	3	2.9	4.1
原子炉からの雑音データの活用		0	1	9	0	0	0	0	4	4	2	2.9	3.8
原子炉における中性子の計測及びデータ処理		0	1	7	2	0	0	0	4	2	4	3.1	4.0

令和4年度

項目	理解度	受講前					受講後					受講前 平均点	受講後 平均点
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
未臨界状態の原子炉の振る舞い		1	0	6	3	0	0	0	3	5	2	3.1	3.9
臨界状態及び臨界近傍の原子炉の振る舞い		1	0	4	5	0	0	0	3	3	4	3.3	4.1
原子炉の臨界近接操作		1	4	3	1	1	0	0	0	9	1	2.7	4.1
制御棒反応度価値の校正方法		4	1	4	0	1	0	1	1	4	4	2.3	4.1
原子炉からの雑音データの活用		6	2	2	0	0	2	0	3	5	0	1.6	3.1
原子炉における中性子の計測及びデータ処理		2	4	4	0	0	0	0	3	6	1	2.2	3.8

† 令和3年度のみで実施したソースジャーク法に対応するアンケート項目

3.4. 実習教科書の整備

UTR-KINKI用の実習教科書を執筆し、令和4年2月に京都大学学術出版会から「原子炉実験入門 原子力科学を学ぶ学生のために」（若林源一郎・山田崇裕・遠藤知弘・卞哲浩 著）として出版した。本書の内容を次に示す。

第1章 大学教育用原子炉

- 1-1 近畿大学原子炉
- 1-2 原子炉における中性子の特性
- 1-3 保安教育および核物質防護教育
- 1-4 原子炉運転実習

第2章 炉物理実験

- 2-1 臨界近接実験
- 2-2 制御棒校正実験
- 2-3 未臨界度測定実験

第3章 放射線計測実験

- 3-1 放射化および半減期測定
- 3-2 放射化法による熱中性子束測定
- 3-3 中性子および γ 線空間線量率測定
- 3-4 中性子ラジオグラフィ

第4章 試験研究炉

- 4-1 概要
- 4-2 特徴
- 4-3 分類
- 4-4 利用

第5章 核計装

- 5-1 原子炉の計測システム
- 5-2 核計装の特徴
- 5-3 核計装用の中性子検出器
- 5-4 核計装の構成

第6章 原子力に係る法規制の概要

- 6-1 法体系と法令の位置付け
- 6-2 原子力基本法
- 6-3 原子炉等規制法
- 6-4 核セキュリティおよび核物質防護
- 6-5 保障措置
- 6-6 放射性同位元素等規制法
- 6-7 電離放射線障害防止規則
- 6-8 原子力防災

本書は、令和4年7月に京都大学学術情報リポジトリ「紅」から無償公開され、PDFとしてダウンロードできる状態となっている。

- 「原子炉実験入門 原子力科学を学ぶ学生のために」 (<http://hdl.handle.net/2433/275401>)

さらに、令和4年度には本書を英語化し、令和4年11月にSpringer社から「Introduction to Nuclear Reactor Experiment」として出版された。本書はOpen Access Bookとして無償公開されており、Springer LinkからPDFをダウンロードできる状態となっている。

- “Introduction to Nuclear Reactor Experiments” (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-6589-0>)

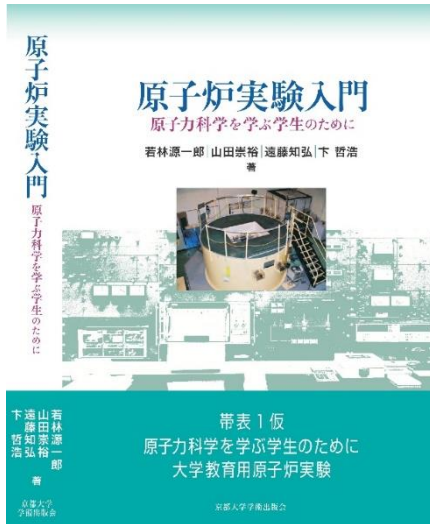


図 3.4-1 UTR-KINKI 用の実習教科書
(和文)

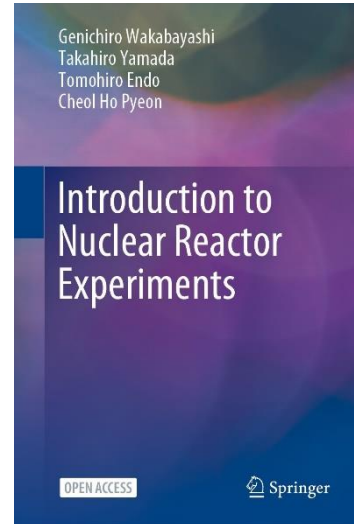


図 3.4-2 UTR-KINKI 用の実習教科書
(英文)

3.5. 高専生のための原子力実習

令和 3 年度の実習は、COVID-19 感染拡大の影響によりオンライン実習となったが、令和 4 年度は対面での実習を開催することができた。表 3.5-1 に実習の開催日と参加者数を示す。

表 3.5-1 高専生のための原子力実習の開催日と参加者数

年度	実施日	学校	参加者数	合計
令和 3 年度	8 月 23～27 日	富山高等専門学校	3 名	5 名
		群馬工業高等専門学校	1 名	
		都城工業高等専門学校	1 名	
令和 4 年度	8 月 22～26 日	富山高等専門学校	3 名	4 名
		岐阜工業高等専門学校	1 名	
合計				9 名

(1) 近畿大学における実習

令和 3 年度は、原子炉遠隔実習システムを用いたオンライン実習として行った。実習開催直前に緊急事態宣言が発令され、引率教員・学生の出張が不許可となったため、急きょオンライン実習に切り替えて実施した。そのような経緯もあって実習スケジュールに余裕ができたため、当初予定していた実習プログラムに加えて、放射線の利用や健康影響に関する講義等も実習プログラムに加えて実施した。また、原子力関連の研究に取り組んでいる近畿大学の学生と交流する時間も設けた。令和 3 年度実習スケジュールを表 3.5-2 に示す。

実習後に行ったアンケート調査では、すべての参加者から実習が有益であったとの回答が得られ、満足度の高い実習となったことが分かった。また、講義と実習がバランスよく組み合わせられていて分かりやすかった、実験結果の予想を参加者全員でコメントしながら実習を行ったので、

オンラインでも本当に実習しているような感じがした、との感想があり、ある程度臨場感のある実習を提供できたようであった。さらに、原子炉を使った実験の他、放射線の計測・利用などに関して特に興味をもった参加者も多く、大学生との交流からも強い刺激を受けたようで、広く原子力・放射線技術への関心を刺激することができた。

表 3.5-2 令和3年度の実習スケジュール（オンライン開催）

日	時間	内容
8月23日（月）	9:00-9:15	開会挨拶・スケジュール説明
	9:15-10:30	講義「原子炉の基礎」
	10:30-12:00	原子炉見学（近畿大学原子炉の構造と特性）
	12:00-13:30	昼食
	13:30-14:30	講義「原子炉運転」
	14:30-17:00	実習「原子炉運転」
8月24日（火）	9:00-10:00	講義「放射線の基礎」
	10:00-11:00	講義「放射線の利用と応用」
	11:00-12:00	講義「放射線の健康影響」
	12:00-13:30	昼食
	13:30-14:30	講義「中性子ラジオグラフィ」
	14:30-15:45	実習「中性子ラジオグラフィ」
	15:45-16:15	実習「空間線量率測定」
	16:15-17:00	実習「スクラム実験」
8月25日（水）	9:00-10:00	講義「物質の放射化と壊変」
	10:00-12:00	実習「放射化実験」
	12:00-13:30	昼食
	13:30-16:30	学生の研究紹介
	16:30-17:00	アンケート記入・閉会



図 3.5-1 オンライン実習における講義の様子



図 3.5-2 GM 計数管による放射化試料の測定

令和4年度は、前年度に計画した内容に沿って、基礎的な原子炉物理、放射線物理に関する実

習を対面で実施した。令和4年度の実習スケジュールを表3.5-3に示す。

実習前後でアンケートを行い、実習内容の理解度について調査したところ、すべての項目で実習後に理解が進んだと考えていることが分かった。また、満足度もきわめて高く、原子炉運転を体験できたことの感動とともに、原子炉運転における放射線計測の重要性を感じ、放射線計測に関する研究をしたいと考えた学生がいた他、電力会社の原子力部門に進むためより知識を深めたいといった感想も寄せられ、原子力・放射線分野への進学・就職意欲を強める結果となったことが分かった（表3.5-4）

表 3.5-3 令和4年度の実習スケジュール（対面開催）

日	時間	内容
8月22日（月）	9:00-10:00	開会挨拶・スケジュール説明 講義「保安教育」
	10:00-11:00	原子炉見学（近畿大学原子炉の構造と特性）
	11:00-12:00	講義「臨界近接」
	12:00-13:00	昼食
	14:30-17:00	実習「臨界近接」
8月23日（火）	9:00-12:00	実習「原子炉運転」
	12:00-13:00	昼食
	13:00-17:00	実習「空間線量率測定」 実習「スクラム実験」
8月24日（水）	9:00-10:00	講義「中性子ラジオグラフィ」
	10:00-12:00	実習「中性子ラジオグラフィ」
	12:00-13:30	昼食
	13:00-14:00	講義「物質の放射化と壊変」
	14:00-16:45	実習「放射化実験」
	16:45-17:00	閉会挨拶・修了証授与・アンケート記入

表 3.5-4 実習参加者の主な感想

令和3年度（オンライン）	専門書を読まなければわからないような点を、スライドでわかりやすく基礎から解説していたため、理解できなかった点はほとんどなかった。原子炉を用いた実験が、ここまで簡潔な装置で行われていることが意外だった。研究室の学生の発表で、原子力を用いた実験の自由度が高いことが分かったため、化学分野などでも今後活用されれば新たな知見が得られると思う。個人的には研究室の学生と先生から伺った専門書を読んで、さらに勉強しようと思った。
	この3日間はとても充実したものになりました。講義はほとんどが初めて知る内容でどの講義も印象に残っています。強いていえば、放射線の利用の講義が特に面白いと感じました。また実習は実験結果の予想を全員でコメントしながら行ったので、リモートだけで本当に実習をしているような感じでした。サバ缶の中にあるサバの骨が見えたのは凄いと感じましたし、画紙の見え方が中性子線で見た時とX線で見た時で全然違ったので面白いと思いました。反省点としては、内容が簡単なものではないこともあって質問が1回も出来なかったことです。ここは更に理解を深めて疑問に思うところを見つけないと思います。また、質問していた○○くんと△△くんは凄いと感じました。私は今後進学しようと考えているのでそのための勉強や5年生から始まる卒業研究を頑張っていきたいと思います。
	まず、実際にUTR-KINKIを運転しての原子炉実習が印象に残っています。実習の前に講義を受けて、核分裂連続反応の原理や原子炉の仕組み、臨界とはどのような状態か、制御棒による制御方法などを

	<p>理解して実習に望むことができたため、原子炉を起動する一連の流れについて、それぞれ何が行われているのかを考えながら、実習に参加することができました。画面越しとはいえ、実際の原子炉が稼働している様子をリアルタイムで見ることができたのは貴重な体験でした。シミュレーションではない本物の原子炉ならではの値の揺らぎや、ペンレコーダーが描く美しい指数曲線も見ることができ、充実した実習でした。また全体を通して、先生方が熱意をもって研究に取り組んでおられることも伝わりましたし、質問を常時受け付けてくださったため、引っ掛かった点についてすぐに解決して納得することができました。質問に関しては、他の参加学生の質問から、自分が着目することのなかった新たな視点を得ることができました。講義と実習がバランスよく組み合わせられており、自分で考えながら楽しんで学ぶことができました。最後の、現役学生の方の研究発表についても、実際にどのように卒業研究がなされるのか流れを知ることができましたし、専門的な分野の研究の面白さを知ることができ、自分の中でこのような研究をしてみてもはどうだろうか考えることもできました。反省点としては、事前学習をもっと入念にしておけばよかったと感じました。それにより、同じ講義を受けたとしても、もっと踏み込んだ質問ができ、専門的な理解もさらに深まったのではないかと感じています。今回のプログラムを通し、核分裂、放射線の性質や利用方法、測定技術についてなど、原子炉に関する分野の基礎を知ることができましたし、今までなかった知識を得て、興味も抱くことができました。これを足掛かりに、自分でもう一步踏み込んで、専門的な学習をしてみたいと思いました。最後になりましたが、この3日間は大変充実した実習となりました。このような貴重な機会をいただけたことに心から感謝いたします。</p>
令和4年度(対面)	<p>最近ではオンライン講義ばかりで画像の乱れや通信不良などで分かりづらい点があったが、今回の実習では対面だったため不明点は気軽に聞くことができとても理解できた。また原子炉実習で実際に目で見ながら自分の意志で原子炉を制御することを体験でき、とても感動した。さらに、先生方との雑談が面白く充実した3日間となった。</p>
	<p>臨界操作の実習が1番印象に残っている。今まで実際の原子炉を見たことがなく、操作したこともなかったのが、純粋に楽しかった。また、中性子の増減だけで原子炉を制御している点が興味深かった。原子炉における放射線計測の重要性を感じた。今は核融合で発生する14 MeV中性子検出器を開発しているが、今後も大学院に進学し放射計測に関する研究を続けたいと思っている。</p>
	<p>実際の原子炉を使つての実習、実験はとても楽しかったです。言葉だけ知っていた臨界についても自分の手で機器を操作して体験することでより記憶に残りました。私は将来電力会社の原子力部門に進みたいと考えています。そのためにこの三日間で教えてもらった知識をさらに深めていきたいと考えています。</p>

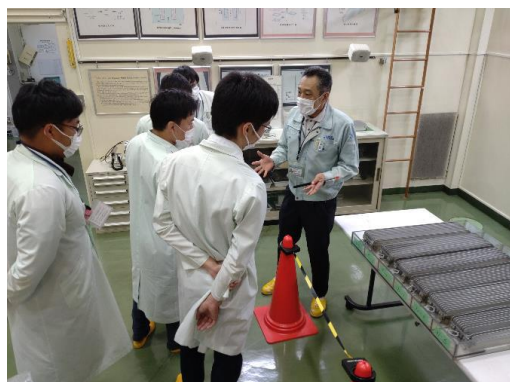


図 3.5-3 原子炉から取り出した燃料体について説明を受ける様子。



図 3.5-4 GM 計数管による放射化試料の測定。

(東海大学における実習)

令和3年度には、本実習を講義資料と発電炉シミュレータ SARS の PC 出力画面を共有するオンライン形態にて行った。近畿大学での実習と同様に、直前に緊急事態宣言が発令され、引率教員・学生の出張が不許可となったため、実習もオンラインにて行った。

本実習で行うプログラム(講義+実習)のうち、実習は「3.6 発電炉シミュレータ実習」内で行う実習と同じとし、講義に UTR-KINKI 実習と関連する「研究・実験用原子炉の状況」を追加し

た。SARS による実習を PC リモートデスクトップ機能などにより行うには、実施・参加の両側で十分な環境・機器が整備されていなかったため、事前に準備・取得した解析の入力・出力とグラフィカルな結果をオンラインで表示・説明し、解析結果を参加者と考察した。令和3年度の実習スケジュールを表3.7-4に示す。

オンライン講義・演習でありながら、参加者から多くの質問があり、質疑応答により理解が深まったとの報告があった。アンケート調査の結果、満足度は平均4.6（満点5）であった。

参加した高専生は各学内規程により単位取得を申請した。

表 3.7-4 令和3年度発電炉シミュレータ実習プログラムと参加者（高専生：オンライン）

日付	時間	プログラム
8月26日（木）	9:00-12:00	講義1：原子力発電プラント PWR/BWR の特徴と機能 講義2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能
	12:00-13:00	昼休
	13:00-17:00	実習1：PWR の事故解析と解析結果の分析・考察
8月27日（金）	9:00-12:00	実習2：BWR の事故解析と解析結果の分析・考察
	12:00-13:00	昼休
	13:00-17:00	講義3：発電用原子炉の事故と対応 講義4：研究・実験用原子炉の状況 まとめ

令和4年度には、前年度から準備・計画したプログラムをもとに、SARS による実習をはじめて対面で行った。令和4年度の実習スケジュールを表3.7-5に、本実習中の状況を図3.7-4にそれぞれ示す。本実習の参加生は全員専攻科生のため、原子力の基礎知識も備えていたため、実習全体が円滑・活発に進められた。アンケート調査の結果、満足度は平均4.75（満点5）であった。

参加者は全員専攻科生であったため、今年度に単位取得の申請はなかった。

表 3.7-5 令和4年度発電炉シミュレータ実習プログラムと参加者(高専生)

日付	時間	プログラム
8月25日（木）	9:00-12:00	講義1：原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能 講義2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能
	12:00-13:00	昼休
	13:00-17:00	実習1：SARS の操作習熟 実習2：PWR の事故解析と解析結果の考察
8月26日（金）	9:00-12:00	実習3：BWR の事故解析と解析結果の考察
	12:00-13:00	昼休
	13:00-16:00	講義3：発電炉の事故例と対応 講義4：研究・実験用原子炉の状況 まとめ

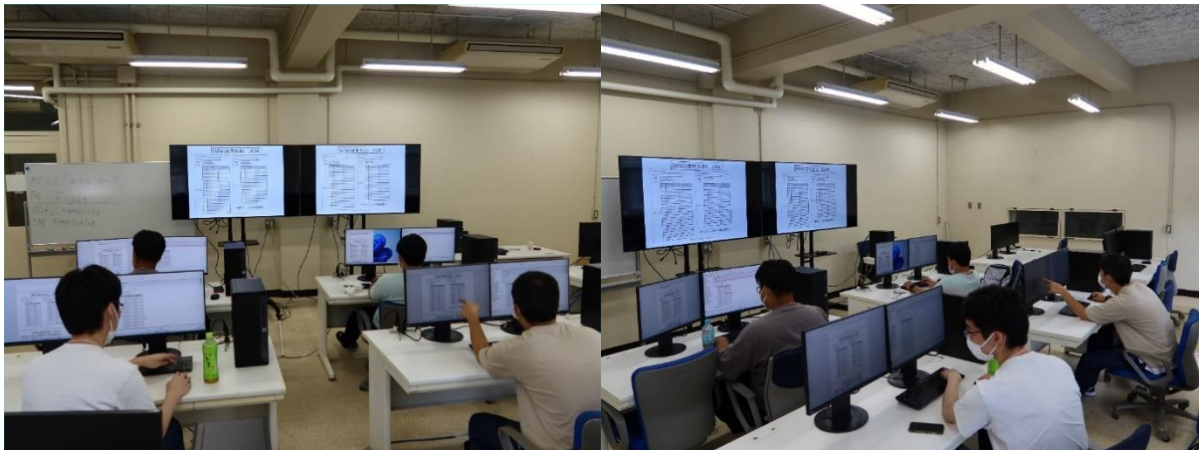


図 3.7-4 令和 4 年度 SARS を用いた実習(高専生)の状況.

3.6. 廃棄物計測・信頼性工学実習

令和 2 年度は信頼性工学の基礎実習と、廃止措置の際に重要となる放射性廃棄物計測に関する実習を提供するための準備として実習テキストを作成した。東京都市大学の PC をホストとして信頼性工学実習を、東京都市大学の原子力研究所において廃止措置中の研究炉 MITRR を使った廃棄物計測実習を試行した。

表 3.6-1 令和 3 年度の施行スケジュール

試行実習名	試行日	参加者
信頼性工学実習	令和 3 年 3 月 15 日,16 日	東京都市大学 9 名
廃棄物計測実習	令和 3 年 3 月 5 日	東京都市大学 2 名

・信頼性工学基礎実習

実習項目は以下のとおりである。

○信頼性工学実習内容のレクチャー

○信頼性工学実習の演習（統計の基礎、データ処理、故障率の推定、システム信頼度の計算）

実習試行の結果

オンラインのレクチャーによる各演習の説明、並びにエクセルを用いた計算を含む演習の予行を行うことができた。来年度の本格実施に向けて、オンラインはもとより、ノート PC を用いた対面による実習も問題なく実施できる見通しを得ることができた。

・放射性廃棄物計測実習

実習項目は以下のとおりである。

○チェックソースによるエネルギーキャリブレーション

○バックグラウンド計測および解析

○反射体黒鉛ブロックの測定および解析

実習試行の結果

炉内構造物に対し錆起因とみられる ^{60}Co の汚染を検知することができた。令和3年度以降の本格実施に向け、放射性物質濃度の評価のためには、回転台、非汚染黒鉛ブロックが必要であることが判明した。

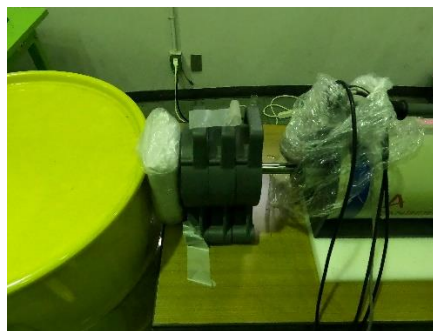
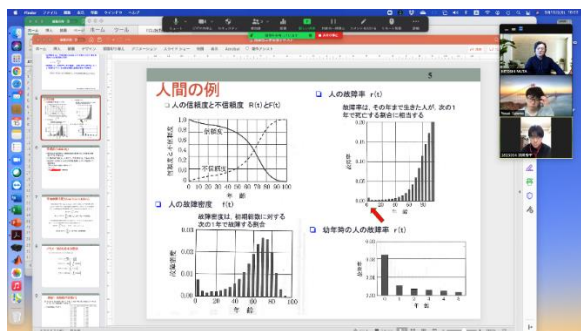


図 3.6-1 信頼性工学実習オンライン試行の様子

図 3.6-2 放射性廃棄物計測実習試行の様子

令和3年度及び4年度は、一部オンラインではあるものの信頼性工学実習及び放射性廃棄物計測実習を実施した。実施スケジュールおよび参加人数と実習内容は以下の通りである。

・信頼性工学基礎実習

表 3.6-2 信頼性工学実習実施スケジュール

年度	実施日時	参加者	備考
令和3年度	令和3年9月3日	東京都市大学 11名	オンラインで実施
	令和4年1月5日	東京都市大学 5名、近畿大学 3名	対面で実施
令和4年度	令和4年9月2日	東京都市大学 4名	対面で実施
	令和4年12月26日	東京都市大学 5名、長岡技科大 1名、近畿大学 2名、東海大学 1名	対面で実施
	令和4年12月28日	東京都市大学 7名	対面で実施

実習内容

実習は前半が主に統計処理であり、後半が信頼性評価という内容で実施した。前半の統計処理は人口動態のデータより平均寿命や各年齢における死亡率などのパラメータを計算する内容であり、後半の信頼性評価は、直列システムや並列システムの信頼度の評価手法を学び、これを踏まえて、これらを組み合わせた複雑系の信頼度を評価した。

・放射性廃棄物計測実習

表 3.6-3 放射性廃棄物計測実習及び見学会実施スケジュール

年度	実施日時	参加者	備考
令和3年度	令和3年9月4日	東京都市大学8名	オンラインで実習実施
	令和3年11月8日	東京都市大学10名	対面で見学会を実施
	令和4年1月6日	東京都市大学5名、近畿大学3名	対面で見学会を実施
	令和4年1月7日	東京都市大学7名、近畿大学3名	対面実習実施
令和4年度	令和4年9月1日	東京都市大学4名	対面実習実施
	令和4年12月26日	東京都市大学7名	対面実習実施
	令和4年12月27日	東京都市大学16名、長岡技科大1名、近畿大学2名、東海大学1名	対面で見学会を実施
	令和4年12月28日	東京都市大学5名、長岡技科大1名、近畿大学2名、東海大学1名	対面実習実施

実習内容

午前中は講義として、放射性廃棄物の分類方法やガンマ線計測手法、最低検出限界量などの放射性廃棄物と放射線計測に関する授業を行った。午後は高純度 Ge 半導体検出器を用いて、実際にガンマ線計測の実施と、黒鉛サンプルを用いて放射性物質濃度の評価を行った。なお、オンラインの場合は、あらかじめ録画した動画を流しつつ解説を行った。

見学会内容

研究施設での放射性廃棄物取り扱いの実態を見学するため、貸切バスにより JAEA 大洗の廃棄物関連施設（ α 固体貯蔵施設、 α 固体処理棟、固体廃棄物減容処理施設）の見学会を行った。

・実習アンケート結果

実習実施後、アンケートを行った。令和3年度のアンケート結果では、信頼性工学基礎実習に関しては、難易度は普通か容易と回答した学生が最も多く、また受講して役に立ったと考えている学生が多かった。一方廃棄物計測実習に関しては、難易度は普通が最も多かったものの、容易であったと感じた学生が複数おり、受講して有益だと考えている学生が多かった。見学会に関しては、若干内容を難しく感じる学生が多かったものの、受講して有益であったと感じている学生が大部分であった。なお、1回目の実習をオンラインで、2回目の実習を対面で行ったが、2回目の参加学生の方が内容に関し容易であったと、より多く回答しており、実習系は対面の方が理解しやすかったのではないかと推測される。

令和4年度のアンケート結果では、信頼性工学基礎実習に関しては、難易度は「普通」が最も

多く、「やや難しかった」と「やや易しかった」が2名ずつで、「易しかった」との回答が1名であったため、難易度はちょうど良かったと判断される。有用性の項目では、「受講して有益だった」との回答が最も多く、「普通」と答えた学生も3名であったため、有益であると受講生は判断していると考えられる。廃棄物計測実習に関しては、難易度は「普通」の回答が過半数以上で最も多かったものの、「やや難しかった」が次点で多く、内容をもう少し平易することも検討課題と考えられる。また有用性の項目では、「受講して有益だった」との回答が最も多く、4名の「普通」との回答もあるものの、受講生としては有益であると判断していると考えられる。見学会に関しては、「普通」、「易しかった」、「やや難しかった」、「やや易しかった」の順で回答が寄せられており、難易度はちょうど良かったと考えられる。また有益性の項目も、「受講して有益であった」と感じている学生が大部分であり、有益な実習になったと評価される。なお、自由記載では「実物に触れることができてよかった」の意見と同時に、「見学会の時間がタイトすぎる」との指摘があった。



図 3.6-3 令和3年度信頼性工学実習の様子



図 3.6-4 令和4年度信頼性工学実習の様子



図 3.6-5 令和3年度廃棄物計測実習の様子



図 3.6-6 令和4年度廃棄物計測実習の様子



図 3.6-7 令和 3 年度見学会の様子



図 3.6-8 令和 4 年度見学会の様子

3.7. 発電炉シミュレータ実習

令和 2 年度には、本実習の内容を検討し、東海大学の発電炉シミュレータ SARS で試行した。本実習で事故解析は、加圧水型原子炉 PWR (Pressurized Water Reactor) の冷却水喪失事故 (LOCA: Loss of Coolant Accident) を、沸騰水型原子炉 BWR (Boiling Water Reactor) の全電源喪失事故 (SBO: Station Black Out) を、それぞれ対象とした。SARS を用いて PWR: LOCA、BWR: SBO の解析を試行し、入力条件・出力結果を検討した。教材資料として「原子力発電プラント PWR / BWR の特徴と機能」、「原子炉シミュレータ SARS の概要と機能」を説明する資料を作成し、令和 3 年度からの実習の準備を進めた。

令和 3 年度には、令和 2 年度から作成した解析を準備し、解析に関連する「発電用原子炉の事故と対応」を講義に追加して、本実習を準備した。近畿大学での実習と同様に、実施直前に緊急事態宣言が発令され、引率教員・学生の出張が不許可となったため、本実習もオンライン実施へ変更した。本実習講義資料と発電炉シミュレータ SARS の PC 入力・出力画面を共有するオンライン形態にて行った。SARS による実習を PC リモートデスクトップ機能などにより行うには、実施・参加の両側で十分な環境・機器が整備されていなかったため、事前に準備・取得した解析の入力・出力とグラフィカルな結果をオンラインで表示・説明し、解析結果を参加者と考察した。オンライン実施にともない、入力・出力作業が省略されるため、大学生・大学院生の実習については、予定の 2 日間から 1 日間に短縮した。令和 3 年度の実習スケジュールを表 3.6-1 に示す。

幅広い学年 (D2、M2、M1、B1) から参加者があった。遠隔ながら参加者から多くの質問があり、双方向の情報伝達により理解が深まったとの報告があった。参加者からシミュレータを自力で動作する別の機会も要望された。アンケート調査の結果、満足度は平均 4.4 (満点 5) であった。

表 3.6-1 令和 3 年度発電炉シミュレータ実習プログラムと参加者（大学生・院生：オンライン）

日付	時間	プログラム
令和 3 年 8 月 30 日（月）	9:00- 12:00	講義 1：原子力発電プラント PWR/BWR の特徴と機能 講義 2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能
	12:00-13:00	昼休
	13:00-17:00	実習 1：SARS の操作習熟 実習 2：PWR の事故解析と解析結果の考察 実習 3：BWR の事故解析と解析結果の考察 講義 3：発電炉の事故例と対応 講義 3：研究・実験用原子炉の状況

年度	参加大学	参加者数	計
令和 3 年度	大阪大学大学院	2 名	5 名
	長岡技術科学大学大学院	1 名	
	東海大学大学院	1 名	
	福井工業大学	1 名	

令和 4 年度には、令和 2 年度から準備・計画したプログラムに改良し、SARS による実習をはじめ東海大学湘南キャンパスにて対面で行った。令和 4 年度の実習スケジュールを表 3-6-2 に、本実習中の状況を図 3.6-1 に、それぞれ示す。令和 3 年度に取得した SARS 用 PC と整備した解析プログラムを初めて実習に直接、活用した。参加者は全員大学院生（社会人博士コース 1 名を含む）であり、基礎知識と専門知識も豊富なため、積極的に事故解析の結果を議論した。アンケート調査の結果、満足度は平均 5.0（満点 5）であった。シミュレータを自力で動作する体験が満足度を増した。

表 3.6-2 令和 4 年度発電炉シミュレータ実習プログラムと参加者（大学院生）

日付	時間	プログラム
8 月 29 日（月）	9:00- 12:00	講義 1：原子力発電プラント PWR/BWR の構造と機能 講義 2：原子炉シミュレータ SARS の概要と機能
	12:00-13:00	昼休
	13:00-17:00	実習 1：SARS の操作習熟 実習 2：PWR の事故解析と解析結果の考察
8 月 30 日（火）	9:00-12:00	実習 3：BWR の事故解析と解析結果の考察
	12:00-13:00	昼休
	13:00-16:00	講義 3：発電炉の事故例と対応 講義 4：研究・実験用原子炉の状況 まとめ

年度	参加大学	参加者数	計
令和4年度	東京大学大学院	2名	3名
	北海道大学大学院	1名	

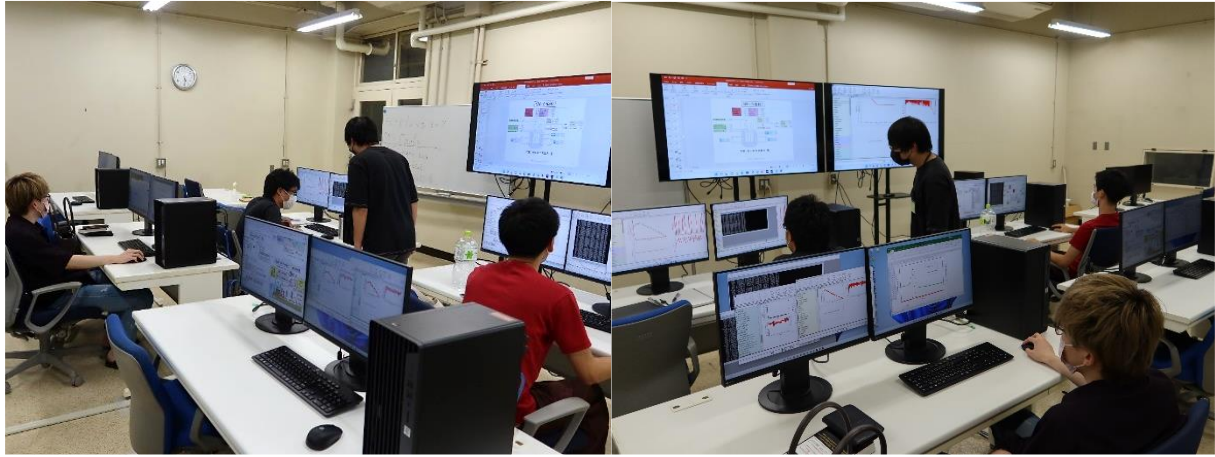


図 3.6-1 令和4年度 SARS を用いた実習(大学院生)の状況。

3.8. 慶熙大学校原子炉実習

令和2・3年度は、COVID-19の感染拡大の影響により海外渡航がきわめて困難な状況となり、残念ながら実習を中止せざるを得なかった。令和4年度後半には漸く渡航制限が緩和され、何とか実習を開催することができた。

表 3.8-1 慶熙大学校原子炉実習の開催日と参加人数

実施日	大学	参加者数		
		学部生	大学院生	合計
令和5年1月10～13日	近畿大学	1名	3名	4名
	名古屋大学	4名	-	4名
合計		5名	3名	8名

実習項目は次のとおりである。

- 保安教育
- 原子炉運転
- 原子炉内中性子束分布測定
- 臨界近接
- 温度係数と反射体効果の測定
- プレゼンテーションとディスカッション

実習指導・講義等は全て英語で行い、必要に応じて日本語でサポートした。

表 3.8-2 に令和4年度の実習スケジュールを示す。

表 3.8-2 令和4年度の実習スケジュール

日	時間	内容
1月10日(火)	午前	関西空港から仁川空港へ移動(飛行機)
	14:30-16:00	仁川空港から慶熙大学校へ移動(貸切バス)
	16:30-17:00	開校式
	17:00-18:00	保安教育・原子炉施設見学
	18:00-20:00	歓迎会
1月11日(水)	9:00-10:00	講義① 原子炉運転と臨界
	10:00-12:00	実習① 原子炉運転実習
	12:00-13:00	昼食
	13:00-14:00	講義② 臨界質量の測定
	14:00-16:00	実習② 臨界近接実験
	16:00-	実験データのまとめ・プレゼンテーションの準備
1月12日(木)	9:00-10:00	プレゼンテーションと議論
	10:00-11:00	講義③ 放射化分析
	11:00-12:00	実習③ 熱中性子束分布測定
	12:00-13:00	昼食
	13:00-14:00	講義④ 温度フィードバックと反射体効果
	14:00-15:00	実習④ 温度係数と遮蔽効果の測定
	15:00-17:00	世界遺産「水原華城(スウォンファソン)」見学
	17:00-	実験データのまとめ・プレゼンテーションの準備
1月13日(金)	8:30-9:30	プレゼンテーションと議論
	9:30-10:00	閉校式
	10:00-11:40	慶熙大学校から仁川空港へ移動(貸切バス)
	午後	仁川空港から関西空港へ移動(飛行機)

表 3.8-3 に実習参加者の主な感想を示す。実習後のアンケートの結果、原子炉運転や臨界近接実験等、基礎的な原子炉実験に関する項目への関心・満足度が高く、難易度に関しては多くの参加者が英語によるプレゼンテーションとディスカッションが難しかったと回答していた。一方、有益度について尋ねた質問においても、英語によるプレゼンテーションとディスカッションをとっても有益であったと回答した学生が多かった。実習についての感想では、英語力不足を痛感した、コミュニケーション能力の必要性を感じた、英語をもっと勉強したいといった感想が多く、外国人講師・学生との共同作業を通じて英語の重要性を痛感し、大きな刺激を受けたことが分かった。

慶熙大学校の原子炉施設は、日本からの距離が近く利便性が高い場所にありながら、国際的な環境で実習を行う場として極めて有効であり、国際交流と人脈形成の観点も含め、これからも本実習を国際人材育成に活かしていきたい。

表 3.8-3 実習参加者の主な感想

自身の英語力の無さを痛感するいい機会になった。この事を糧にして英語を学んでいこうと考えた。
今回の実習で使用した原子炉は、制御棒や燃料構成に一般的な商業炉とは異なる特徴を持っており、とても興味深かった。実験の考察において、それらの特徴を考慮する必要がある、原子炉や炉物理に対する理解がより深まったと感じた。実習全体を通して、自分の研究内容に関する知識だけでなく、炉物理の全般的な内容を改めて学ぶ必要があると感じた。また、英語能力をより高める必要があると思った。
今回の実習で一番印象に残っているのはスライド準備とプレゼン発表の時間です。炉物理が専門ではない他校の学生と議論し、教えたり教えられたりしながら勉強できたことがとても楽しかったです。実験内容に関しては事前にある程度読んでいたため、全くわからないということはありませんでした。事前準備は大切だと感じました。また、名古屋大学では原子炉を保有していないため、何もかもが新鮮でした。欲を言えば、どういう特徴があり、ほかの炉（近大炉やほかの研究炉）とどう違うのかを事前に勉強したかったです。事前に何か調べるソースなどあれば良かったという要望です。総括して、原子炉を操作し、原子炉を用いた実験を行う機会がめったにないため非常に貴重な経験でした。自分の研究分野にぴったり当てはまるものではないですが、行って本当に良かったです。今後の研究や勉強に対するモチベーションになりました。
単純に英語で話す力が足りませんでした。せっかくの討論やプレゼンテーションも台無しになってしまうことを考えたらより力を入れるべきだと感じました。
他校の原子炉運転実習への参加は初めてであったため、慶熙大学校では1つの画面に制御棒の位置であったり、中性子線量が表示されているのがとても見やすく印象に残った。また実験ごとにプレゼン資料を作成したためグループの人との協力、コミュニケーションが必要不可欠であり、さらに理解を深めることができた。反省点として、講義内では英語でのやり取りが行われていたが、自分自身の英語力の未熟さに気づかされるよい機会となりました。初の海外旅行であり出発前は不安もあったが、実習以外にもレストランや観光地に連れていただきとても楽しい思い出となりました。ありがとうございました。



図 3.8-1 慶熙大学校原子炉の運転



図 3.8-2 放射化した金線の測定準備

3.9. IAEA 原子力安全基準研修

令和2年度にはCOVID-19感染拡大防止のため、IAEA および国内の専門家(原子力規制庁NRA、東海大学)を講師とする原子力安全基準に関する研修をTV会議システムによるオンライン形態にて、令和3年3月8日～11日(4日間)に実施した。使用言語は英語とし、講義資料などを事前に配布し、参加者の理解を深めた。令和2年度の研修プログラムと参加者を表3.9-1に示す。国内

から大学院生 13 名(留学生を含む)、社会人 40 名が参加し、そのうち国外(アジア)から 12 名が参加した。ウィーンと東京の時差を考慮して、毎日の講演終了後(夕刻)に質疑応答を設け、講師と参加者で活発な議論が行われた。遠隔オンライン形態で実施したため、国外からの参加者の割合が高く、オンライン実施の利点も確認できた。研修終了後に行ったアンケート調査の結果から、参加者は本研修に満足した 85%、内容が役立った 90%と回答した。

表 3.9-1 令和 2 年度 IAEA 原子力安全基準研修プログラムと参加者(オンライン)

日付	プログラム
令和 3 年 3 月 8 日(月)	1. Safety Standards, Safety Fundamentals (SF-1), IAEA 2. Leadership and Management for Safety (GSR Part2), IAEA 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part3), IAEA Q & A
令和 3 年 3 月 9 日(火)	4. Site Evaluation for Nuclear Installations(SSR-1), IAEA 5. Safety of Nuclear Power Plants : Design (SSR 2/1 Rev.1 (including TECDOC)), IAEA 6. Safety of Nuclear Power Plants : Commissioning and Operation (SSR 2/2 Rev.1), IAEA Q & A
令和 3 年 3 月 10 日(水)	7. Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants (SSG-54), IAEA 8. Safety Assessment for Facilities and Activities (GSR Part4(Rev.1)) & Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plant (SSG-2(Rev.1)), IAEA 9. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (GSR Part7), IAEA 10. Nuclear Safety and Security Online User Interface (NSS-OUI), IAEA Q & A
令和 3 年 3 月 11 日(木)	11. Overview of Inspection System Reform, NRA 12. New Concept of Operations for Nuclear Emergency Preparedness and Response (EPR) Guide in Japan, NRA 13. Nuclear International Framework, Tokai University Q & A

年度	参加大学	参加者数	計
令和2年度	東京大学大学院	5名	13名
	筑波大学大学院	5名	
	福井大学大学院	2名	
	北海道大学大学院	1名	
	社会人 (国内+国外)	40名 (28+12)	40名

令和3年度には前年度に同様に COVID-19 感染拡大防止のため、IAEA および国内の専門家 (NRA、東海大学) を講師とする原子力安全基準に関する研修を TV 会議システムによるオンライン形態にて、令和4年3月7日～10日(4日間)に実施した。使用言語は英語とし、講義資料などを事前に配布し、参加者の理解を深めた。令和3年度の研修プログラムと参加者を表 3.9-2 に示す。国内から大学生・院生 10名、社会人 20名が参加し、そのうち国外(アジア)から7名が参加した。ウィーンと東京の時差を考慮して、毎日の講演終了後(夕刻)に質疑応答を設け、講師と参加者で活発な議論が行われた。令和3年度と同様にオンライン形態で実施したため、国外からの参加者の割合が高く、オンライン実施の利点も再確認した。次年度以後もオンライン形態を継続し、対面形態と併用することとした。研修終了後に行ったアンケート調査の結果から、参加者は本研修に満足した 80%、内容が役立った 80%と回答した。

表 3.9-2 令和 3 年度 IAEA 原子力安全基準研修プログラムと参加者(オンライン)

日付	プログラム
令和 4 年 3 月 7 日(月)	1. Safety Standards, Safety Fundamentals (SF-1), IAEA 2. Leadership and Management for Safety (GSR Part2), IAEA 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards (GSR Part3), IAEA Q & A
令和 4 年 3 月 8 日(火)	4. Site Evaluation for Nuclear Installations(SSR-1), IAEA 5. Safety of Nuclear Power Plants : Design (SSR 2/1 Rev.1 (including TECDOC)), IAEA 6. Safety of Nuclear Power Plants : Commissioning and Operation (SSR 2/2 Rev.1), IAEA Q & A
令和 4 年 3 月 9 日(水)	7. Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants (SSG-54), IAEA 8. Safety Assessment for Facilities and Activities (GSR Part4(Rev.1)) & Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plant (SSG-2(Rev.1)), IAEA 9. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (GSR Part7), IAEA 10. Nuclear Safety and Security Online User Interface (NSS-OUI), IAEA Q & A
令和 4 年 3 月 10 日(木)	11. Overview of Inspection System Reform, NRA 12. New Concept of Operations for Nuclear Emergency Preparedness and Response (EPR) Guide in Japan, NRA 13. Nuclear International Framework, Tokai University Q & A

年度	参加大学・高専	参加者数	計
令和 3 年度	東海大学	5 名	10 名
	九州大学	2 名	
	筑波大学	1 名	
	京都大学	1 名	
	北九州大学	1 名	
	長野工業高等専門学校	1 名	
	岐阜工業高等専門学校	1 名	
	社会人 (国内+国外)	20 名 (13+7)	20 名

令和4年度には、IAEA および国内の専門家（NRA、東海大学）を講師とする原子力安全基準に関する研修を、東海大学高輪キャンパスで対面+TV 会議システムによるオンラインのハイブリッド形態にて初めて、令和5年3月6日～9日（4日間）に実施した。使用言語は英語とし、講義資料などを事前に配布し、参加者の理解を深めた。令和4年度の研修プログラムと参加者を表3.9-4に示す。国内から大学生・院生20名（留学生を含む）、社会人37名が参加し、そのうち国外（アジア）から18名が参加した。対面参加者数は23名、オンライン参加者数は34名で、オンライン参加者のほうが多かった。各講演終了後に質疑応答を設け、講師と参加者で活発な議論が行われ、参加者の理解が深められた。研修終了後に行ったアンケート調査の結果から、参加者は本研修に満足した95%、内容が役立った825と回答した。

表 3.9-3 令和4年度 IAEA 原子力安全基準研修プログラムと参加者

日付	プログラム
令和5年 3月6日(月)	1. Safety Standards, Safety Fundamentals (SF-1), IAEA 2. Leadership and Management for Safety (GSR Part2), IAEA 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources; International Basic Safety Standards (GSR Part3), IAEA Q & A
令和5年 3月7日(火)	4. Site Evaluation for Nuclear Installations (SSR-1), IAEA 5. Design of Nuclear Installations Against External Events (SSG-67&SSG-68), IAEA 6. Safety of Nuclear Power Plants: Design (SSR 2/1 Rev.1 (including TECDOC)), IAEA 7. Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation (SSR 2/2 Rev.1), IAEA Q & A
令和5年 3月8日(水)	8. Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants (SSG-54)), IAEA 9. Safety Assessment for Facilities and Activities (GSR Part4(Rev.1)) & Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plant (SSG-2(Rev.1)), IAEA 10. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency (GSR Part7), IAEA 11. NSS-OUI (Nuclear Safety and Security Online User Interface), IAEA Q & A
令和4年 3月10日(木)	12. Japanese Regulation on Disposal of Radioactive waste and SSR-5J, NRA 13. The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations and the IAEA Safety Standards, Tokai University Q & A

年度	参加大学	参加者数	計
令和4年度	東海大学	7名	20名
	名古屋大学	4名	
	東京大学	1名	
	茨城大学	1名	
	日本女子大学	1名	
	東京都市大学	1名	
	静岡大学	1名	
	大阪大学	1名	
	九州大学	1名	
	ベトナム国家大学ホーチン市校	1名	
	タイ スカラー工科大学	1名	
社会人 (国内+国外)	37名 (19+18)	37名	



図 3.9-1 令和4年度 IAEA 原子力安全基準研修の状況

3.10. 原子力業界探求セミナー

令和2-4年度は、冬季インターンシップ開催前の学生が参加しやすい時期として、11月の土曜日の午後にオンライン形式で開催した。TV会議システムはZoomを使用し、参加学生はANECに参画する大学、高等専門学校から募集した。参加企業の募集とセミナーの運営には日本原子力産業協会の協力を得た。

表 3.10-1 原子力業界探求セミナーの開催日、参加企業・機関数及び参加登録者数

年度	開催日時	参加企業・機関数	参加登録者数
令和2年度	11月14日(土) 13:00-17:20	12社	35名
令和3年度	11月27日(土) 13:00-16:30	17社	33名
令和4年度	11月12日(土) 13:00-16:35	10社	36名

令和2年度のセミナーには12社が参加し、6社ずつ前半（第1部）と後半（第2部）に分かれてセミナーを行った。第1部、第2部ともに、最初の1時間で6社が10分ずつプレゼンテーション（業務紹介等）を行い、その後学生が興味を持った企業から直接話を聞く個別説明会の時間を20分ずつ3回設ける構成とした。

令和3年度には17社が参加した。参加学生がすべての参加企業のプレゼンテーションを聞けるようにするようしてほしい、個別説明会の時間を長くしてほしいとの要望を受け、最初に17社が1分ずつのプレゼンテーションを行った後、30分の個別説明会を6回行う構成とした。

令和4年度には10社が参加した。プログラムを再び2部制に戻し、各部の最初に5社が5分ずつのプレゼンテーションを行った後、25分の個別説明会を5回行う構成とした。また、原子力以外の分野の学生にも参加を促すため、セミナーの名称を「エネルギー業界探求セミナー」とした。

さらに、セミナーの開始前に参加企業の紹介ビデオや資料を配信するウェブサイトを準備し、参加学生が事前に参加企業の情報を得られるようにした。

各年度の参加企業は以下のとおりである。

令和2年度：日本原子力研究開発機構、アトックス、ケーイーシー、NESI、原子力エンジニアリング、原子力発電環境整備機構、MHI NS エンジニアリング、日本原子力発電、関西電力、四国電力

令和3年度：アトックス、原電エンジニアリング、関西電力、TVE、日本環境調査研究所、東京電力ホールディングス、関電工、ナイス、関電パワーテック、日本原子力研究開発機構、関電プラント、日本原子力発電、原子力エンジニアリング、日本原燃、原子力発電環境整備機構、日立プラントコンストラクション、

令和4年度：東京電力ホールディングス、西日本プラント工業、原燃輸送、日本アイソトープ協会、三菱重工業、関電プラント、原子力発電環境整備機構、日本原子力研究開発機構、アトックス、日本原子力発電

セミナー開催後には、参加企業と学生に対してアンケートを行った。参加学生からは、業務内容や企業理念等の各企業の特徴を理解することができた、化学や輸送など同じ原子力企業でも様々な分野があることが分かった、現場で働く方々の体験・実感を直接聞くことができ、就職へのモチベーションにつながった、などの感想があり、原子力分野への関心を増し就職志望を強くしたことが伺われた。一方、参加企業からは、参加学生が毎年30名程度と少ないこともあり、学生への周知方法を改善してほしい、近畿大学からの参加学生が多いので他の大学からの参加も多くなるように、といった要望が寄せられた。周知方法については、令和3年度以降ANECを通じた募集を行っているが、参画大学の学生にまで情報が届いているか不明であり、ANEC以外の情報伝達チャンネルも活用するなど、今後の改善が必要である。



図 3.10-1 セミナー開催時のスクリーンショット
(令和4年度セミナー)



図 3.10-2 セミナー開催案内チラシ
(令和4年度セミナー)

4. 結言

本事業では、国内に残された貴重な原子炉施設である UTR-KINKI と KUCA を利用した実習を連携させ、体系的に再編・強化するとともに、両原子炉施設を利用する大学がもつ原子力教育リソースを相互に提供して教育機能を補い合う拠点を形成した。令和 2 年度から 4 年度にかけては、COVID-19 の感染が拡大した時期と重なり、海外渡航を伴うプログラムなど一部の事業は中止せざるを得なかったが、様々なオンライン教育技術を駆使することにより、多くの教育プログラムを継続して実施することができた。また、令和 3 年度からは KUCA が燃料の低濃縮化のために運転を停止することになり、KUCA を利用した臨界実験が実施できなくなったが、UTR-KINKI と KUCA が連携して実習プログラムを提供する本事業の枠組みにより、KUCA で実施予定であった実習プログラムを UTR-KINKI で実施し、実習教育に空白期間を作らずに継続できたことは、本事業の特筆すべき成果と言える。

次年度以降も本事業で開発した教育プログラムを継続的に改善・発展させ、原子力専門教育の強化と原子力産業界及び原子力アカデミアへの人材供給に貢献していきたい。